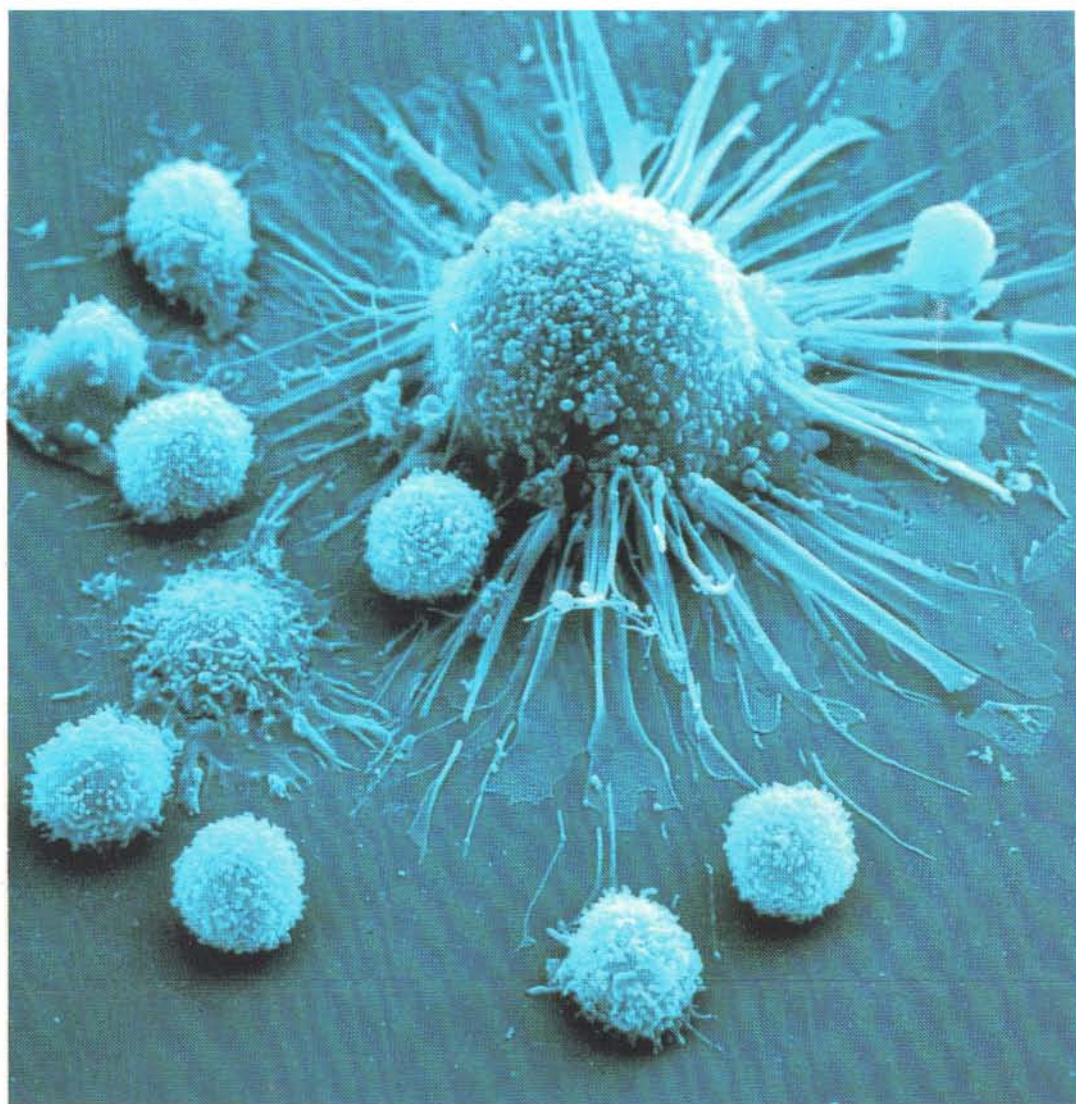


12 | 57<sup>e</sup> jaargang

# NATUUR '89 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



**NOBELPRIJZEN 1989/** ONC-GENEN/MOLEKULEN/RNA-KATALYSE/  
WINTER OP DE WEG/VETVERVANGERS/STEMGEDRAG

## Cursusaanbod

### **Bedrijfskunde** (Productie/logistiek)

2 jaar, ca 40 avonden per jaar

### **Bedrijfskunde** (Commerciële Techniek)

2 jaar, ca 40 avonden per jaar

### **Besturingstechnologie** (Meet & Regeltechniek)

2 jaar, ca 40 avonden per jaar

### **Flexibel Productiemanagement**

2 jaar, ca 40 avonden per jaar

### **Computer Science** (Algemeen)

2 jaar, ca 40 avonden per jaar

### **Computer science** (C-Unix/Syst.progr.-Prolog/Expert)

1 jaar, ca 37 avonden

### **Computersimulatie** (Dynamische systemen)

1 jaar, ca 27 avonden

### **Kennis Ingenieur** (Knowledge Engineering)

1 jaar, ca 40 avonden

### **Computernetwerken**

1 jaar, ca 30 avonden

### **Relationele Data Bases** (analyse/ontwerp/bouw/gebruik)

1 jaar, ca 30 avonden

### **Milieuhygiëne** (Basis)

1 jaar, ca 40 avonden

### **Milieuhygiëne** (Specialisaties: Bodem-Lucht-Water)

elke specialisatie 1 jaar, ca 30 avonden

### **Milieu Afvalproblematiek**

1 jaar, ca 40 avonden

### **Milieu Effectrapportage**

1 jaar, ca 17 avonden

### **Vermogens Electronica** (Aandrijftechniek)

1 jaar, ca 30 avonden

### **Warmtekrachtkoppeling**

1 jaar, ca 32 avonden


#### **TOELATING:**

HTS-Ingenieur of gelijkwaardig

De Algemene Hogeschool Amsterdam is tot stand gekomen door fusie van 11 instellingen voor hoger beroepsonderwijs.

Daarmee is een onderwijsorganisatie ontstaan met een groot en gevarieerd studieaanbod.

Zowel dagopleidingen als deeltijdopleidingen, en vele cursussen op het gebied van na- en bijscholing en post HBO.

 **Informatie avond:**  
**do 14 juni 1990**  
**19.00 - 21.00 uur**

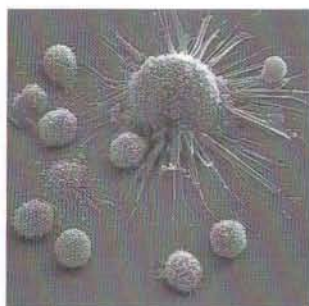
Voor nadere informatie, bel het PHTO-A: tel. 020-429333 tsl. 35 (ma-di-do: 13.00-21.00 uur, wo-vr 09.00-15.00 uur)



# NATUUR '89 & TECHNIEK

Losse nummers:  
f 10,00 of 200 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



## Bij de omslag

Niet alleen virusdeeltjes, ook kankercellen worden door T-cellen van ons afweersysteem als lichaamsvreemd beschouwd en aangetast. De vondst dat een wijziging in een normaal stukje erfelijk materiaal een cel in een kanker cel kan veranderen, is dit jaar beloond met de Nobelprijs geneeskunde. Deze *onc*-genen komen vanaf blz. 918 aan bod.

(© Boehringer Ingelheim BV, Alkmaar. Fotografie - Lennart Nilsson)

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs G.F.M. Hendrickx,

Drs T.J. Kortbeek, Drs R.W. van Nues.

Redactiesecretaresse: R.A. Bodden-Welsch.

Onderwijscontacten: W.H.P. Geerits, tel.: 04759-1305.

Redactiemedewerkers: Drs J. Bouma, Drs G.P.Th. Kloeg,

A. de Kool, Prof dr H. Lauwerier, Drs J.C.J. Masschelein, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, Dr P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluys, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W.J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr H. van der Laan, Prof dr Ir A. Rörsch, Prof dr R.T. Van de Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Vormgeving: H. Beurskens, J. Pohlen, M. Verreijt.

Druk: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-81223.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044.

Fax: 043-216124.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044.

Fax: 00-3143216124.

**EURO**  
ARTIKEL



Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



**Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**

# INHOUD

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| ACTUEEL/BEZIENSWAARDIG  | IV  |
| AUTEURS                 | IX  |
| SIMULATICA              | X   |
| HOOFDARTIKEL Democratie | 915 |

## ONC-GENEN 918

Nobelprijs geneeskunde

**A. Billiau**

Michael Bishop en Harold Varmus kregen de Nobelprijs geneeskunde voor hun onderzoek naar het ontstaan van de wijziging, die tot een abnormaal snelle vermenigvuldiging van een cel tot een weefselmassa leidt. Aldus ontstaan goedaardige gezwellen. Die kunnen de eigenschap verwerven zich ongecontroleerd door het lichaam te verspreiden en zich in te planten in gezonde weefsels. Deze kwaadaardige uitzaaiing maakt een gezwel tot kanker.



## BEHEERSTE MOLEKULEN 926

Nobelprijs natuurkunde

**S. Stolte, W.L. Meerts, J.J. ter Meulen en J. Reuss**

Drie kalende, grijze heren delen dit jaar de Nobelprijs natuurkunde. Norman Ramsey krijgt de helft van de prijs voor zijn vervolmaking van de magnetische bundelresonantietechniek. De belangrijkste toepassing daarvan vinden we in atoomklokken. Dankzij Ramsey zijn die tot op één tienbiljoenste seconde nauwkeurig. Wolfgang Paul en Hans Dehmelt delen de andere helft van de prijs voor het focuseren en opsluiten van molekulen. Pauls werk vindt toepassing in de hoge-energiefysica en de chemische analyse; dat van Dehmelt is meer fundamenteel van aard.

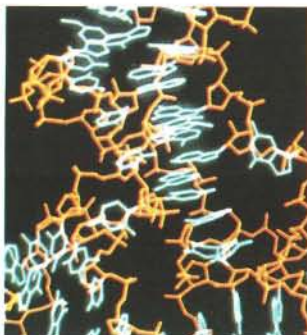


## RIBOZYMEN 934

Nobelprijs scheikunde

**H.E. Tabak en C.W.A. Pleij**

Katalysatoren bewerkstelligen efficiënt de vele omzettingen van stoffen, die plaatsvinden in onze cellen voor onderhoud en uitoefening van specifieke functies. Tot voor kort viel uit elk biochemisch leerboek op te maken dat uitsluitend eiwitten (enzymen) de katalyse verzorgen. Sinds het begin van de jaren tachtig is dit dogma onderuit gehaald door het baanbrekende onderzoek van Cech en Altman. Tot veler verrassing is duidelijk geworden dat ook sommige RNA-molekulen katalytische eigenschappen hebben. Zulke RNA-enzymen heten ribozymen.





# NATUUR '89 & TECHNIEK

december/ 57<sup>e</sup> jaargang/1989



## WINTER OP DE WEG

942

A.G. Welleman

Aan het verkeer deelnemen is in veel situaties een ingewikkelde bezigheid, in het bijzonder bij ongunstige weersomstandigheden. Zodra de ganzen zuidwaarts trekken is er weer kans op mist, sneeuw en wintergladheid. Deze verschijnselen komen vaak voor bij schemer en duisternis. Die combinatie maakt verkeersdeelname dan extra moeilijk en de allertheid van de automobilist mag geen moment verslappen. Ook van de wegbeheerder vraagt de toestand van het wegdek 's winters veel aandacht. Door sneeuw en ijs is het oppervlak ervan regelmatig glad, wat een vlotte en veilige afwikkeling van het verkeer belemmert.



## VETVERVANGERS

954

Lekker Light

A.P.G. Kieboom

In het welvarende deel van wereld willen veel mensen lekker vet eten zonder al te dik te worden. Een manier om in deze behoefte te voorzien vormen de vetvervangers. Dat zijn stoffen die weinig of geen calorieën bevatten, bijvoorbeeld omdat het lichaam ze niet op kan nemen, en toch de overige vetachtige eigenschappen bezitten van de natuurlijke oliën en vetten die voedings- en genotmiddelen zo aantrekkelijk maken. In de bestrijding van ernstige vormen van vetzucht kunnen vetvervangers als bestanddeel van dieetvoeding een belangrijke rol spelen.



## MEESTE STEMMEN GELDEN

966

Besluitvorming bij dieren

Eric Le Gras en Herbert Prins

Interpretatie van diergedrag is een precare bezigheid. Menselijke vooringenomenheid kan een onderzoeker gemakkelijk misleiden. Maar net als in een aantal menselijke samenlevingen wordt door sommige in groepen levende dieren het principe gehanteerd, dat het gemiddeld genomen het veiligst is de mening van de meerderheid te volgen. Afrikaanse buffels vertonen gedrag dat opgevat kan worden als een stemming over de keuze van de graasplek. Ganzen wisselen informatie uit voor ze hun fourageergebied kiezen. Volksraadpleging in de dierenwereld.

## ANALYSE EN KATALYSE

976

Nee, werkelijk, heeft u nog geen CD-speler?/Mister milieu

## INHOUD 1989

990

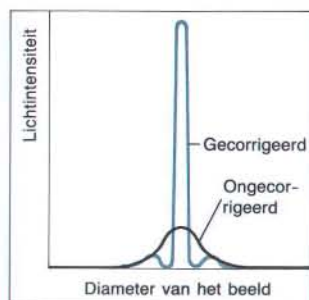
## PRIJSVRAAG

996

## Twinkelende sterren tot rust gemaand

Aan de hemel ogen ze zo mooi, twinkelende sterren. Maar astronomen hebben wat dit betreft geen gevoel voor romantiek. Het getwinkel zit hun danig dwars, aangezien het niets anders is dan een verstoorde waarneming van een ster. Het flikkeren ontstaat door de turbulentie van de aardatmosfeer en beperkt de scherpte van de beelden die de sterrenkundigen met hun apparaten op Aarde kunnen bereiken. Niet voor niets bouwt men telescopen in gebieden waar de invloed van deze turbulentie zo klein mogelijk is zoals in La Silla, hoog in de Chileense Andes.

Op een hoogte tussen vijf tot tien kilometer van het aardoppervlak bewegen 'cellen' van luchtdeeltjes, ongeveer zoals de lucht boven een hete radiator of broodrooster. Omdat elke cel een beeld van de bekeken ster vormt en deze beelden elkaar min of meer overlappen, nemen we een veranderende lichtsterkte waar: de ster twinkelt. Voor astronomen hoeft dit niet lang meer een last te zijn. Recentelijk verschrompelde het dansende en bubbelige infraroodbeeld van de ster Alfa Cygni tot een stabiele stip dankzij toepassing van *adaptive optics*. Een driejarige samenwerking van de European Southern Observatory (ESO), het Franse onderzoekscentrum ONERA, het Observatoire de Paris en de laboratoria van Marcoussi leidde tot deze technische doorbraak. De eerste tests vonden plaats met de 1,52 m telescoop van het Observatoire de Haute Provence in Frankrijk. Adaptive optics corrigeert de atmosferische verstoringen in het golffront van het van de ster afkomstige licht met behulp van een terugkoppelingssysteem en een 1 mm dikke, vervormbare spiegel die het licht opvangt van



de hoofdspiegel. Het oppervlak van de dunne spiegel kan zo buigen dat de verstoringen in het opgevangen licht uiterst precies worden gecompenseerd. Het terugkoppelingssysteem bepaalt de mate van vervorming. Een speciale sensor meet de vorm van het verstoorde golffront op, waarna een zeer krachtige computer deze informatie verwerkt en berekent hoe veel de 'drijfstanden' achter de spiegel moeten 'duwen' en 'trekken' om deze in de juiste vorm te brengen. En dat gebeurt honderd keer per seconde, hetgeen vele malen sneller is dan het analoog werkende systeem van *active optics*. De ESO installeerde dit systeem in de 3,58 m New

In het prototype van adaptive optics bevindt de vervormbare spiegel zich in het midden. De cilinder links bevat de gekoelde infraroodcamera, terwijl rechtsboven de golffront-sensor zichtbaar is. (Foto: ESO)

Na correctie met adaptive optics is de lichtintensiteit haast volledig geconcentreerd in het centrum van de ster. (Foto: ESO)

Technology Telescope in Chili om vervormingen van de hoofdspiegel tengevolge van zwaartekracht, wind en hitte tegen te gaan.

De huidige resultaten van adaptive optics betekenen een flinke stap vooruit in de ontwikkeling van de 16 m Very Large Telescope, maar de werkzaamheid van het systeem moet wel worden uitgebreid tot licht dat een kortere golflengte heeft dan infrarood. Mocht dat lukken, dan kunnen op Aarde gestationeerde en met adaptive optics uitgeruste telescopen concurreren met hun broertjes in de ruimte.

Persbericht ESO



### Bevers — 'milieu-vervuilers' bij uitstek

Nog tot de herfst 1990 draait in het Omniversum in Den Haag de Omnimax-film *Bevers*, met als ondertitel *Ingenieuze dammen-bouwers op de voet gevolgd*. Dat de titel boven dit stukje anders luidt, geeft aan wat de bever doet wanneer hij zich ergens vestigt. Van alle dieren op Aarde verandert de bever het meest aan zijn omgeving. Zodra hij de eerste boom aan de rand van een rivier velt en daarmee de basis voor de 'stuwdam' in de rivier legt, gaat het milieu in honderden meters omtrek op zijn kop.

Het water voor de dam (of achter de dam, het is maar hoe je het bekijkt) stijgt en oevers, struiken en boomstronken verdwijnen onder de waterspiegel, terwijl dieren uit hun holen worden verdreven. Twee bevers leggen, met hun tanden als onovertroffen houtbeitels, met gemak in een jaar tijd 400 bomen om, zonder daarbij problemen te hebben met 40 centimeter dikke exemplaren. Maar anderzijds is het veranderende biotoop de kans voor andere organismen om er zich te vestigen: moerasplanten, vissen die meer van langzaamstromend water houden, kikkers en slangen.

De film toont al deze aspecten, vaak op ooghoogte van de bevers in beeld gebracht, waarbij de kracht van het Omnimax-medium wordt uitgebuit: een gigantisch doek van 840 m<sup>2</sup> en een alomringend geluid. Maar de film laat nog meer zien: de bever in zijn element, het water, en als bouwer van een geweldige dam van bijna 100 meter lang en enkele meters hoog (gefilmd met een 45 meter hoge kraan) met als kroon op het werk de grote bever-

burcht, waarvan de ingang zich onder water bevindt. Hierdoor is de bever betrekkelijk veilig voor zijn belagers zoals wolven, vossen en beren.

De film volgt de bevers gedurende alle jaargetijden, ook wanneer het meer bevroren is en de bevers onder het ijs moeten zwemmen. Ook laat die je de ups en downs in het beverleven beleven, wat nog wordt versterkt door de soms bijna menselijke geluiden die de bever voortbrengt. Sommige situaties komen humoristisch over, dus voer voor 'Animal Crackers'. Niet voor niets kreeg deze film dit jaar in Parijs de prijs van de filmcritici, waarbij sommigen de film al vergeleken met *The Bear*. Het maken van de film duurde zo'n drie jaar; alleen al het zoeken naar geschikte lokaties (diep in de Rocky Mountains in Alberta, Canada) kostte 60 dagen.

Een speciaal programma dat de techniek behandelt achter het Omniversum, met zijn Omnimax-projector en de Digistar (een soort televisie die met zijn elektronenkanon sterren of tekeningen op het koepeldoek tekent), gaat aan de beverfilm vooraf. In het voorprogramma zit ook de film *Nederland Beverland* waarin wordt ingegaan op de strijd tegen het water met onze dammen en hoe het de bevers vergaat die enige tijd geleden in de Hollandse Biesbosch zijn uitgezet.

De draaitijden van *Bevers* zijn: di, wo en do om 12.00, 14.00 en 16.00 uur; vr, za, zo, feestdagen en vakanties tevens om 20.00 uur. Voor inlichtingen en reserveringen: 070-545454. Het Omniversum ligt aan de Pres. Kennedylaan 5, Den Haag.

Jacques Verduijn



De halve meter lange en zo'n 25 kilo zware bever is de hoofdrolspeler in de film *Bevers* in het Omniversum.

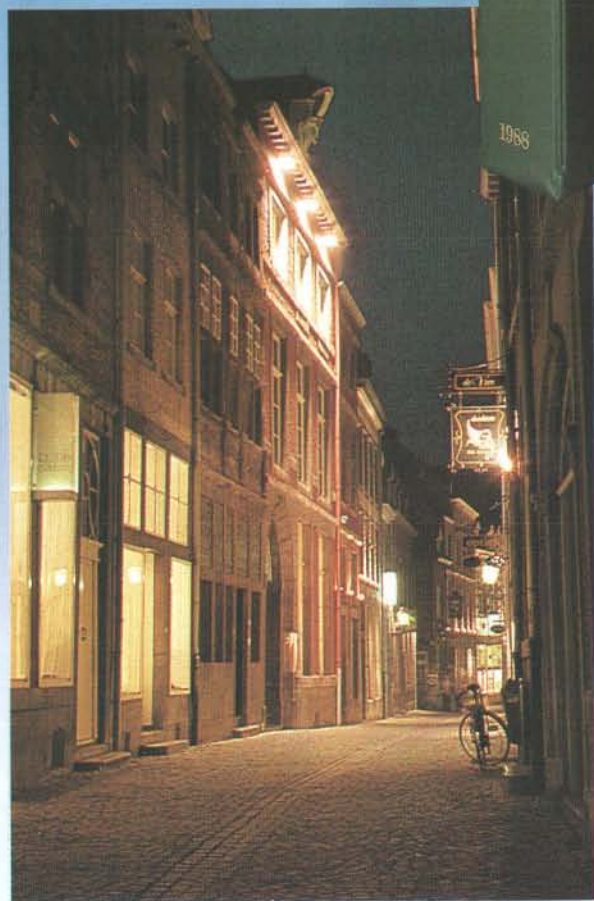
# • MEDEDELINGEN • • • •

**aan onze abonnees**

## De komende jaargang inclusief het boek AIDS

De komende jaargang van Natuur & Techniek omvat weer 12 nummers, maar het septemnummer is een "dubbelnummer" met de omvang van een boek. Het handelt over AIDS: een rondgang langs belangrijke AIDS-onderzoekers. Inclusief dit boek kost uw jaarabonnement 1990 f 112,50 of 2200 F, voor studenten en docenten f 85,- of 1660 F.

In februari ontvangt u een voorgedrukt overschrijvingsformulier waarmee u het abonnementsgeld kunt voldoen. Wij verzoeken u vriendelijk uitsluitend op deze manier te betalen. Abonnementen op NATUUR & TECHNIEK worden



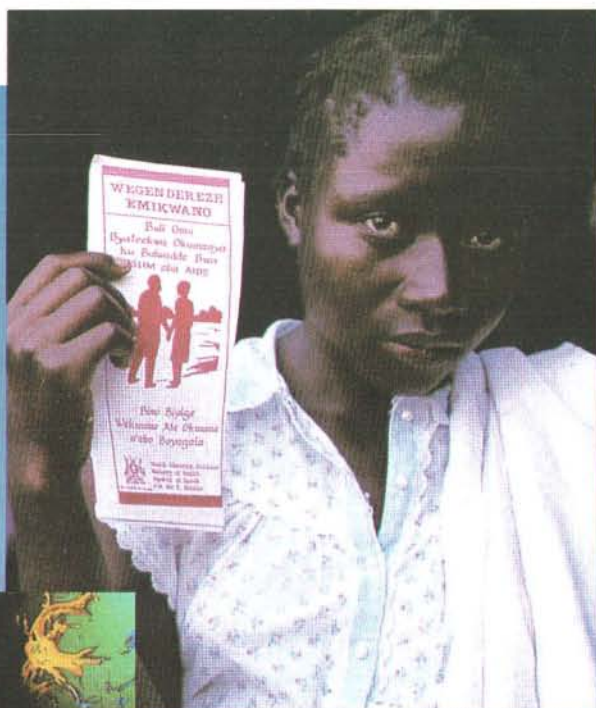
genoteerd tot schriftelijke opzegging. Verlenging vindt automatisch plaats, tenzij het abonnement uiterlijk op 15 december van het voorafgaande jaar is opgezegd.

Tevens wijzen wij u erop dat het voortaan ook mogelijk is een drie-jarlijks abonnement te nemen. U profiteert dan van een aanzienlijke korting: f 265,- of 5195 F (i.p.v. f 337,50 of 6600 F). Bent u geïnteresseerd, belt u dan even onze abonnementenafdeling in Maastricht: 0(0-31)43.254044.



## Het BEWAREN waard

Voor het bewaren van volledige jaargangen van NATUUR & TECHNIEK zijn speciale cassettes verkrijgbaar. De prijs van deze in groen kunstleer met goudopdruk uitgevoerde cassette is f 15,- of 295 F (exclusief verzendkosten). Eveneens in februari 1990 ontvangt u een overschrijvingsformulier, waarmee u één of meer cassettes kunt bestellen, voor de nieuwe jaargang en voor de jaargangen vanaf 1979.



## Een AIDS-special in boekvorm

De jaargang 1990 omvat ook een "dubbelnummer" over AIDS, getiteld: De jacht op een virus.

Het boek is geschreven door Ir. Simon Rozendaal en omvat ook een aantal bijdragen van belangrijke onderzoekers op dit gebied. Uiteraard vindt u in dit boek weer een schat aan illustraties en verduidelijkende schema's, zoals u dat van Natuur & Techniek gewend bent.

## De inhoud

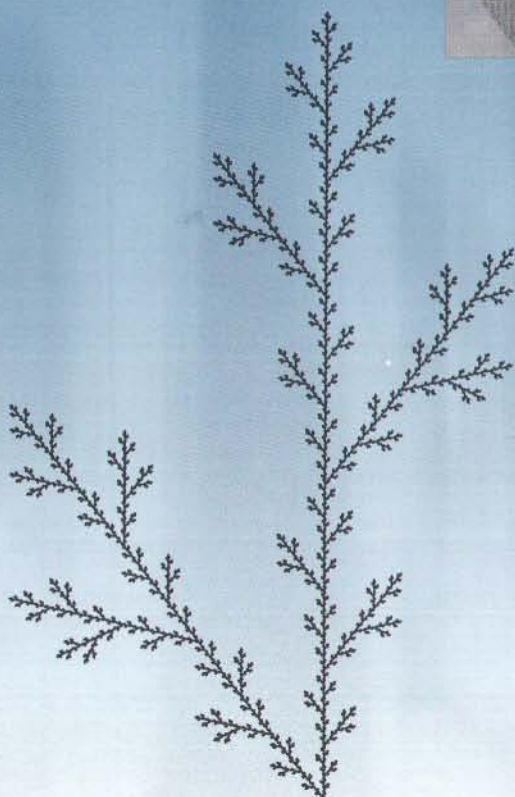
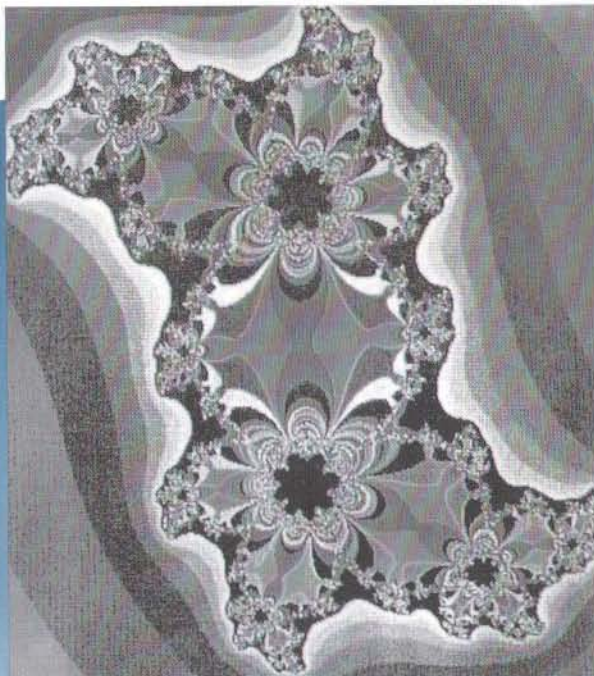
- 1 Het vermogen van een retro-virus
- 2 De voorgeschiedenis: van ontdekking naar verwarring
- 3 Infectieziekten — oud en nieuw
- 4 De oorsprong van het retrovirus
- 5 Het mechanisme en de strategie van de aanval
- 6 Onenigheid tussen onderzoekers
- 7 Tussen pessimisme en optimisme

## JAARINDEX

Vanaf maart 1990 is de index 1989 verkrijgbaar. Deze wordt automatisch meegeleverd bij bestelling van de opbergcassette voor 1989 of 1990, maar is ook los te bestellen tegen betaling van de verzendkosten.

### Een nieuwe rubriek: wetenschap op uw PC

Als u gebruiker van een Personal Computer (XT/AT) bent — en wie is dat tegenwoordig niet meer — kunt u in deze nieuwe rubriek, met ingang van januari 1990, maandelijks een programma vinden dat op uw scherm de wonderlijkste natuurwetenschappelijke fenomenen simuleert en presenteert: uit de wereld van fysica, chemie, biologie, astronomie en aardwetenschappen.



De rubriek wordt maandelijks verzorgd door Prof.dr. H.A. Lauwerier, die tot aan zijn emeritaat verbonden was aan het Mathematisch Centrum en de Universiteit van Amsterdam.

Voor het geval u (nog) niet vertrouwd bent met programmeren, hebben wij voor in dit nummer een verkorte handleiding opgenomen. Daarin wordt ingegaan op wat een beginnend programmeur zo al kan meemaken; tevens wordt u met enkele kleine programma's aan het werk gezet. We hebben gekozen voor Basic programma's die met MSDOS werken, zoals: Basic, Basica, GWBasic of Turbo Basic. Voor andere systemen is een vertaalslag vereist die u uit eigen handleidingen kunt destilleren.

De redactie hoopt dat de nieuwe rubriek even enthousiast wordt ontvangen als zij eraan gewerkt heeft. Als u maar niet zo verslaafd raakt dat de rest van Natuur & Techniek ongelezen blijft. Maar dat is bijna onmogelijk!



---

**ONC-GENEN**

**Prof dr A.J.D.A. Billiau** is geboren in Hasselt op 20 januari 1937. Hij studeerde geneeskunde aan de KU Leuven, waar hij in 1969 promo-

veerde. Een jaar later werd hij er benoemd tot hoogleraar. Hij is gespecialiseerd in de werking van interferon.

---

**MOLEKUULFYSICA**

**Prof dr S. Stolte** werd geboren in Utrecht, op 3 juli 1947. Hij studeerde in Nijmegen, waar hij in 1972 promoveerde. Hij was 'postdoc' in de VS, werd in 1974 medewerker van de afdeling Molekuul- en Laserfysica van de KUN en was diverse malen gastmedewerker in Frankrijk en Amerika. Sinds begin dit jaar is hij hoogleraar aan de VU te Amsterdam.

**Dr J.J. ter Meulen** studeerde aan de Katholieke Universiteit Nijmegen en promoveerde daar in 1976. Sindsdien is hij wetenschappelijk medewerker van de Nijmeegse afdeling Molekuul- en Laserfysica. Daar beoefent hij laserspectroscopie en bestudeert hij moleculaire botsingen. Ter Meulen is op 29 december 1945 in Rotterdam geboren.

**Dr W.L. Meerts** is geboren op 5 februari 1948 in Den Haag. Hij ging in 1965 aan de KU Nijmegen studeren. Ook na zijn studie en promotie in 1975 bleef hij daaraan verbonden. Hij is er nu universitair hoofddocent bij de afdeling Molekuul- en Laserfysica. De laatste tien jaar werkt hij regelmatig bij collega's in de VS en Canada.

**Prof dr J. Reuss** is in 1929 in Düsseldorf (D) geboren. Hij studeerde natuurkunde in Göttingen en Freiburg. Hij was research assistent in Leiden en Rome, en promoveerde in 1962 in Leiden. Daarna werd hij onderzoeker-docent in Nijmegen, waar hij in 1976 hoogleraar werd. Hij werkte regelmatig als gastmedewerker in Frascati, Lausanne en Bonn.

---

**RNA-KATALYSE**

**Prof dr H.F. Tabak** is op 15 december 1941 in Amsterdam geboren. Hij studeerde biologie aan de Universiteit van Amsterdam en promoveerde daar in 1972. Na een jaar aan de Stanford universiteit kwam hij terug en werd hoofdmedewerker bij de vakgroep biochemie, waar hij nu hoogleraar is.

**Dr C.W.A. Pleij** studeerde van 1961 tot 1968 scheikunde in zijn geboorteplaats Leiden en promoveerde daar in 1973. Hij bleef aan de RU Leiden verbonden en is daar thans universitair hoofddocent. Pleij was gastmedewerker in de VS en in Frankrijk. Hij werd geboren op 23 mei 1943.

---

**WINTERGLADHEID**

**Ir A.G. Welleman** is geboren in Kortgene, op 17 maart 1948. Hij studeerde aan de HTS in Vlissingen en aan de TU Delft. In 1974 werd hij onderzoeker bij het Rijkswegenbouwlabo-

ratorium en in 1976 wetenschappelijk medewerker van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid. Nu werkt hij bij de hoofddirectie van Rijkswaterstaat.

---

**VETVERVANGERS**

**Prof dr ir A.P.G. Kieboom**, geboren op 27 mei 1945 te Rotterdam, studeerde scheikundige technologie aan de TU Delft. Hij promoveerde daar in 1971. In 1986 werd hij hoogle-

raar organische scheikunde in Delft en sinds kort is hij hoofd van de groep Chemie en Analyse bij Gist-Brocades.

---

**STEMGEDRAG**

**Drs E. Le Gras** is free-lance journalist en publiceert over wetenschap en milieu. Hij studeerde van 1969 tot 1979 massacommunicatie aan de Rijksuniversiteit Groningen. Le Gras is in Eindhoven geboren op 3 juni 1951.

**Dr H.H.T. Prins** is op 9 juni 1953 in Groningen geboren. Hij studeerde dierecologie in zijn geboorteplaats en in Cambridge. In 1987 promoveerde hij in Groningen. Hij was adviseur voor de Tanzania National Parks en is nu park research management specialist bij het Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

# SIMULATICA

**Prof dr  
H. Lauwerier**

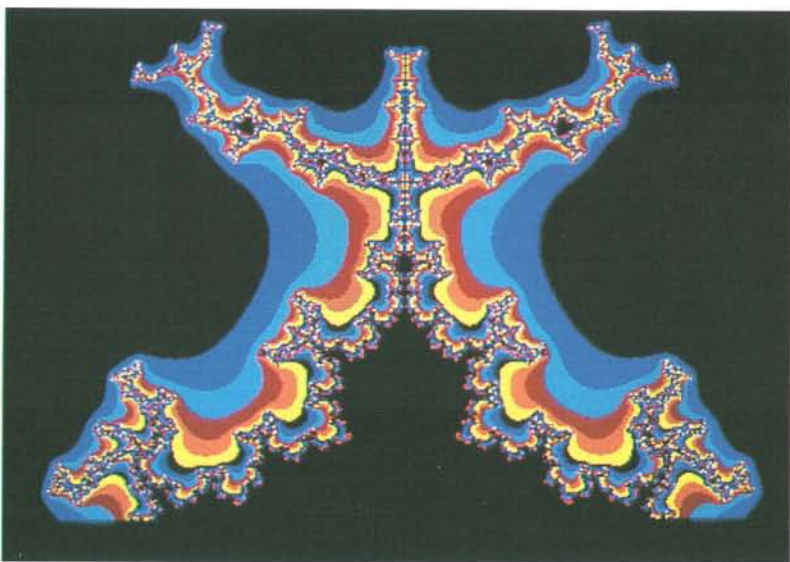
Simulatica, een nieuw begrip en een nieuwe rubriek. Simulatica biedt elke maand een aantal eenvoudige computerprogramma's met behulp waarvan de lezer van Natuur en Techniek, uiteraard in het bezit van een computer, een aantal experimenten kan uitvoeren. De programma's zullen in de regel betrekking hebben op een of ander wiskundig model uit de natuurwetenschappen. Om u een indruk te geven van wat u te wachten staat geven we op pag. XIII een illustratie op het thema 'chaos en orde': de Lorenz-attractor en laten we een relaxatie-trilling zien, zoals de Nederlandse wis- en natuurkundige Balthasar van der Pol die reeds in de jaren twintig heeft beschreven. Tenslotte zijn in het artikel een aantal mooie fractals te zien. Al deze figuren kunnen worden verkregen met een eenvoudige, moderne microcomputer met programma's die uit een tien- of twintigtal regels bestaan. In principe gaan we er van uit dat de lezer beschikt over (lieftst) een IBM-achtige computer met MS-Dos als

besturingssysteem en Basic als programmeertaal. Een computer van het AT-type is ideaal, maar minder kan ook. Voorwaarde is slechts dat er een zogenaamde grafische modus is, zodat men op het beeldscherm behalve tekst ook plaatjes kan verkrijgen. Voor de programma's in Simulatica maken we zoveel mogelijk gebruik van opdrachten die gemeenschappelijk zijn voor de belangrijkste Basic-versies. We bevelen u aan om het snelle Turbo Basic te gebruiken, maar nodig is dat niet.

Wie reeds voldoende vertrouwd is met de grafische mogelijkheden van zijn computer kan nu best een aantal passages overslaan. Wie echter nog geen of weinig ervaring heeft met grafische programma's, kan een aantal problemen tegenkomen, zeker met een wat oudere computer. Op enkele daarvan gaan we in dit inleidende artikel iets dieper in.

Laten we aannemen dat de lezer zijn computer in gereedheid heeft gebracht

*Fractals zijn complexe meetkundige figuren. Voor de komst van de computer konden wiskundigen zich er nauwelijks een voorstelling van maken. Nu zien we hoe fraai ze zijn. Een PC-bezitter kan eenvoudige fractals zelf maken; SIMULATICA wijst hem de weg.*



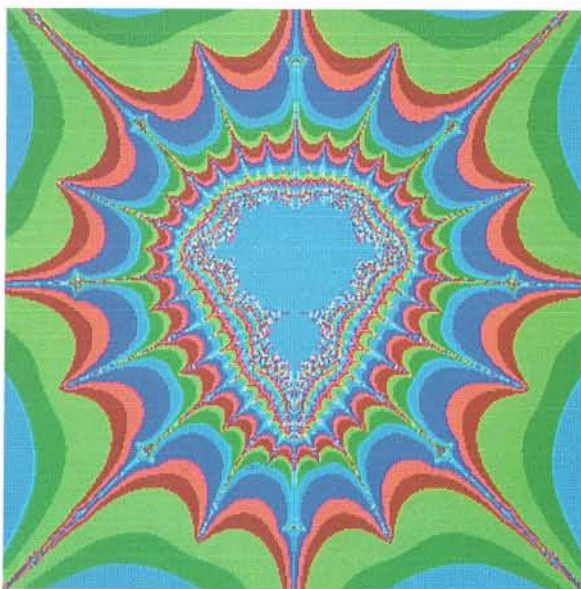


en dat het besturingssysteem om aandacht vraagt. Na het intypen van het commando BASIC of iets dergelijks (het kan ook GWBASIC of BASICA zijn) kunnen de programmaregels ingetypt worden. U zou eens kunnen experimenteren met het volgende programma:

```
10 SCREEN 1 : CLS
20 NHOR=100 : NVER=100
30 FOR I=0 TO NHOR
40 FOR J=0 TO NVER
50 PSET (I,J)
60 NEXT J : NEXT I
70 END
```

Als het goed gaat verschijnt linksboven op het scherm een rechthoekig blok van 100 bij 100 punten. De eerste opdracht, SCREEN 1, maakt het scherm gereed voor het ontvangen van grafische opdrachten, en de daarop aansluitende opdracht CLS maakt het scherm, zo nodig, schoon. U moet zich het grafische scherm voorstellen als een rechthoek, gevuld met punten die al of niet kunnen oplichten, de zogenaamde pixels. Ze worden aangeduid, geadresseerd in 'computertaal', met de coördinaten (i,j), waarbij i van links naar rechts loopt en j van boven naar beneden. In het bovenstaande programma worden dus 100 maal 100 punten geplaatst die te zamen een blok vormen.

Het valt u wellicht op dat het blok niet vierkant is en dat het evenmin schermvullend is. Het eerste experiment is het vinden van zodanige waarden van NHOR en NVER dat het blok schermvullend wordt. We kunnen daartoe hetzelfde programma kiezen met telkens andere waarden van NHOR en NVER, net zolang totdat het past. Er is een goede kans dat we NHOR=319 en NVER=199 vinden. Dat betekent dat er op het beeldscherm een matrix van 320 x 200 pixels geadresseerd kan worden. Bij veel computers duidt SCREEN 1 de laagste grafische modus aan, en daarbij past de genoemde matrix. Vaak zijn er ook hogere grafische modi aanwezig, gekenmerkt door een hoger screengetal. Zo komt SCREEN 9 overeen met de zogenaamde EGA-norm, waarbij het beeldscherm 640 x 350 pixels bevat, eventueel met 16 kleuren. Nog mooier is de moderne VGA-norm waarbij een matrix van 640 x 480 pixels hoort. Hoe meer pixels, hoe hoger het oplossend vermogen en hoe scherper de plaatjes.



Met het volgende programma kunt u 'uitvinden' welke grafische mogelijkheden uw computer heeft:

```
10 CLS
20 INPUT "KIES SCREENGETAAL ";R
30 INPUT "KIES AANTAL HORIZONTALE PIXELS ";NHOR
40 INPUT "KIES AANTAL VERTICALE PIXELS ";NVER
50 INPUT "KIES STAPGROOTTE ";S
60 SCREEN R : CLS
70 FOR I=0 TO NHOR STEP S
80 FOR J=0 TO NVER STEP S
90 PSET (I,J)
100 NEXT J : NEXT I
110 AS=INPUT$(1)
120 END
```

Dit programma heeft weinig commentaar. Regel 110 bevat een zogenaamde dynamische stop. Het programma stopt en wacht op een willekeurige toetsaanslag. Zo'n stop wordt vaak gebruikt om halverwege een programma even een grafisch resultaat te kunnen beoordelen. Sommigen gebruiken het om aan het einde van het programma een mogelijk storende mededeling als OK te onderdrukken. Wie last heeft van de zogenaamde functiebalk onderaan het beeldscherm kan die verwijderen met de opdracht KEY OFF.

Het volgende probleem betreft de vorm van het blok. Helaas is de afstand tussen de pixels in horizontale zin niet gelijk aan die in verticale zin. Willen we op het scherm een vierkant ook als een



vierkant blok van pixels weergeven, dan moeten we de verhouding tussen die afstanden zien te bepalen. Gemakshalve nemen we aan dat het scherm de vorm heeft van een liggende rechthoek met de verhouding 4:3. We kunnen dan in het gegeven programma bijvoorbeeld NHOR fixeren op 240 en NVER proberen aan te passen. Komt er bijvoorbeeld (volgens de EGA norm) NVER=175 uit, dan betekent dit een schijnbare verkorting van de verticale afmetingen van  $175/240 = 0,73$ . In programma's wordt die verhouding vaak als **RATIO** aangeduid. Voor hetzelfde beeldscherm zou **SCREEN 1** met  $320 \times 200$  pixels corresponderen met **RATIO** =  $5/6 = 0,83$ .

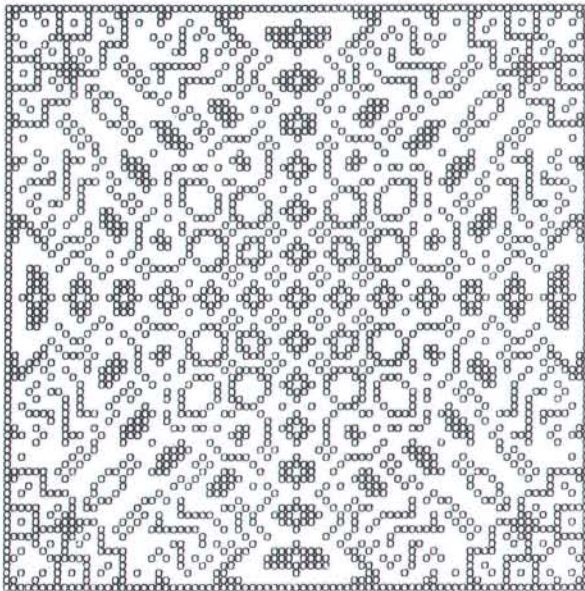
Na deze wat technische inleiding bespreken we een programma met be-

hulp waarvan 'borduurkleedjes' ontworpen kunnen worden. Het toont een symmetrisch vierkant dat gevuld is met een patroon van punten. Het patroon is tot stand gekomen door met een eenvoudige berekening vast te stellen of in een bepaald vakje al of niet een punt getekend moet worden.

Het aantal roosterpunten van het vierkant loopt zowel in horizontale als in verticale zin van  $-n$  tot  $n$ . Omdat we een symmetrisch vierkant willen afbeelden hoeft slechts voor een kwart van het vierkant een berekening te worden uitgevoerd. Dat verklaart de tel-lus van regels 60 en 120, waarbij de tellers  $i$  en  $j$  van 0 tot  $n$  lopen. Het centrum van het vierkant, dat de coördinaten (160,100) heeft, bevindt zich op het centrum van het beeldscherm. In de regels 80 en 90 is rekening gehouden met een **RATIO** van  $5/6$ . Er is dan ruimte voor een vierkant van 37 bij 37 vakken (dus  $n=18$ ).

De aardigheid van dit programma is de bepaling van de 'kleurwaarde' van de velden van het vierkant, dat wil zeggen of er een punt afgebeeld moet worden of niet. In beginsel berust dit op een zekere berekening welke uit de tel-getallen  $i$  en  $j$  een 0 of een 1 afleidt. Dat gaat hier op een typisch wiskundige maar heel eenvoudige wijze. Om te beginnen schalen we het vierkant even om tot het eenheidsvierkant, met de Cartesische coördinaten  $x, y$ , waarbij zowel  $x$  als  $y$  van  $-1$  tot  $1$  lopen. Overeenkomstig regel 70 is dus  $x = i/n$  en  $y = j/n$ . Vervolgens bedenken we een eenvoudige wiskundige functie  $z(x, y)$  die gedefinieerd is voor de in aanmerking komende waarden van  $x$  en  $y$ . Gekozen is de functie  $z = (1 - x^2)(1 - y^2)$ , maar elke andere functie is ook bruikbaar. Bij elk vakje van het vierkant behoort dus een waarde van  $z$ . Natuurlijk is  $z$  een nogal willekeurig en meestal niet geheel getal. Om er een geheel getal van te maken vermenigvuldigen we  $z$  met een van te voren gekozen schaaftactor  $c$ , 300 of zo iets, en van het produkt  $c \times z$  nemen we het gehele deel. Daarbij maken we gebruik van de **INT**-functie van Basic. Alleen wanneer het resulterende gehele getal even is plaatsen we een punt. Om te zien of een geheel getal even is kijken we naar de rest bij deling door 2. Daarvoor gebruiken we de Basicfunctie **MOD**. Na elke berekening worden er vanwege de symmetrie vier punten geplaatst; dat gebeurt via een kleine subroutine.

Met het programma **PATROON** kan een microcomputer ontwerpen maken voor een kussenovertrek of een tafelkleedje.



```

10 REM ***VIERKANT PATROON***
20 REM ***NAAM: PATROON***
30 SCREEN 1 : KEY OFF
40 INPUT "GEEF EEN GETAL VAN DRIE CIJFERS "; C
50 N=18 : CLS
60 FOR I=0 TO N : FOR J=0 TO N
70 X=I/N : Y=J/N
80 P1=160+6*I : P2=160-6*I
90 Q1=100+5*J : Q2=100-5*J
100 Z=(1-X*X)*(1-Y*Y)
110 IF INT(C*Z) MOD 2 = 0 THEN GOSUB 140
120 NEXT J : NEXT I
130 A$=INPUT$(1) : END
140 PSET (P1,Q1) : PSET (P1,Q2)
150 PSET (P2,Q1) : PSET (P2,Q2)
160 RETURN : END

```



## Gebruikerscoördinaten

Bij vele Basicversies, en zeker bij de nieuwere, heeft de gebruiker de mogelijkheid zelf coördinaten, zogenaamde gebruikerscoördinaten, in te voeren. Daartoe is een zogenaamde WINDOW-opdracht beschikbaar:

WINDOW (A1,B1) – (A2,B2)

Dit wil zeggen dat op het beeldscherm rechthoekige coördinaten gedefinieerd zijn waarbij (A1,B1) het hoekpunt links-onder is en (A2,B2) dat rechtsboven is. Noemen we die coördinaten X en Y dan is dus

$$A1 < X < A2 \text{ en } B1 < Y < B2$$

Bij de keuze van een WINDOW-opdracht hebben we te maken met de vorm van het beeldscherm wanneer we voor de verticale en de horizontale afmetingen dezelfde meeteenheid willen gebruiken. Is het scherm rechthoekig met de verhouding 4:3 dan moeten we zorgen dat ook

$$(A2-A1) : (B2-B1) = 4 : 3$$

Wanneer aan het begin van een programma een WINDOW-opdracht is geplaatst hebben alle volgende grafische opdrachten betrekking op de daardoor gedefinieerde gebruikerscoördinaten. Is er geen WINDOW-opdracht geplaatst dan worden pixelcoördinaten gebruikt. De meest voorkomende grafische opdrachten hebben betrekking op het plaatsen van een punt en het tekenen van een lijnstuk of een cirkel.

Met PSET (A,B)

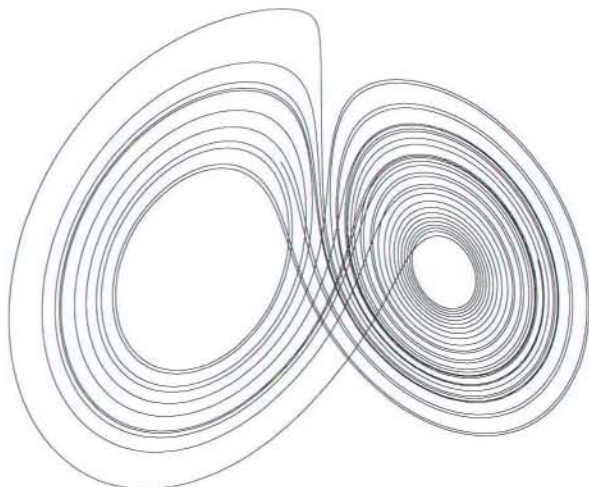
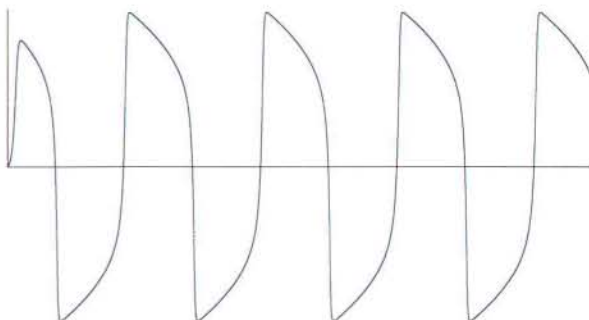
wordt, op de positie bepaald door de coördinaten (A,B), een punt neergezet. Soms kan aan deze opdracht nog een kleurwaarde worden toegevoegd:

PSET (A,B),k

Voor een monochroom scherm komen hiervoor slechts  $k=0$  (een zwarte punt, dat wil zeggen geen punt) en  $k=1$  (een witte punt) in aanmerking. De opdracht

LINE (X1,Y1) – (X2,Y2)

plaatst een lijnstuk tussen twee door hun coördinaten aangegeven punten. Ook daaraan kan desgewenst weer een 'kleurwaarde' worden toegevoegd. Het tekenen kan men zich voorstellen als het bewegen van een pen die twee standen 'up' en 'down' kent. Is een punt geplaatst of is een lijnstuk gete-



kend dan blijft de 'pen' in de laatste positie staan, gereed om verder te gaan. Bij het tekenen van een gebroken lijn vervalt dan de noodzaak elk hoekpunt zowel als eindpunt en als beginpunt te specificeren. Men kan dan de verkorte LINE-opdracht

LINE –(X2,Y2)

uitvoeren. Als laatste belangrijke grafische opdracht vermelden we

CIRCLE (A,B),R

waarmee een cirkel met middelpunt

*De deelnemers aan SIMULATICA zullen in komende afleveringen kennis maken met onder meer een relaxatietrilling volgens Van der Pol (boven) en met een Lorenz-attractor, die model staat voor complexe luchtstromingen.*

```
10 REM ***TEKENEN VAN EEN VIERKANT***
20 SCREEN 9 : CLS
30 WINDOW (-2.4,-1.8) – (2.4,1.8)
40 LINE (1,1) – (-1,1)
50 LINE (-1,-1)
60 LINE (-1,-1)
70 LINE (-1,1)
80 CIRCLE (0,0),1
90 END
```

(A,B) en straal R wordt getekend. Ter illustratie van het een en ander tonen we in het volgende programma hoe een vierkant met een ingeschreven cirkel kan worden getekend.

Met het volgende interactieve programma kunnen we een ellips met een willekeurige excentriciteit tekenen.

```

10 REM ***TEKENEN VAN EEN ELLIPS***
20 SCREEN 9 : CLS
30 WINDOW (-2,-1.5)-(2,1.5)
40 TP=8*ATN(1)
50 INPUT C
60 IF C>=1 THEN END
70 B=SQR(1-C*C)
80 FOR K=0 TO 200
90 T=K*TP/200
100 X=COS(T) : Y=B*SIN(T)
110 IF K=0 THEN PSET (X,Y) ELSE LINE -(X,Y)
120 NEXT K
130 GOTO 50
140 END

```

Het programma berust op de beschrijving van een ellips in parametervorm

$$x = a \times \cos(t), y = b \times \sin(t)$$

waarbij  $t$  in radialen van 0 tot 2 loopt.

De constante 2 is op regel 40 ingevoerd met behulp van  $\arctan(1) = \pi/4$ . Uiteraard levert het programma voor  $C=0$  een gewone cirkel. Voor  $C \geq 1$  stopt het programma.

#### Van gebruikers- naar pixelcoördinaten

Wanneer men een oudere Basicversie heeft waarin alleen pixelcoördinaten gebruikt kunnen worden dient men bij een reeds in gebruikerscoördinaten geschreven programma een soort vertaling naar pixelcoördinaten uit te voeren. Een soortgelijke situatie kan optreden wanneer men het programma wil gebruiken als besturing voor een plotter. In het laatste geval dient men de gebruikte coördinaten om te zetten in plottercoördinaten.

Stel dat de coördinaten van het te bewerken programma bepaald zijn door

$$\text{WINDOW (A1,B1)-(A2,B2)}$$

en dat we de opdracht

$$\text{PSET (X,Y)}$$

wensen te vertalen.

De pixelcoördinaten schrijven we als U,V. De omrekeningsformules zijn altijd van de volgende vorm

$$U = P \cdot (X - A1)$$

$$V = Q \cdot (B2 - Y)$$

waarbij de getallen P en Q nader bepaald moeten worden.

We zien al dat  $X=A1$  inderdaad correspondeert met  $U=0$ , de linkerrand van het scherm, en dat  $Y=B2$  overeenstemt met  $V=0$ , de bovenkant van het scherm. Voor de bepaling van de getallen P en Q is de schermdefinitie van doorslaggevende betekenis. We moeten weten met welke getallen de rechterrands en de onderrands van het beeldscherm corresponderen. Stel dat die getallen 319 en 199 zijn als bij SCREEN 1, dan moet  $X=A2$  het resultaat  $U=319$  geven en  $Y=B1$  het resultaat  $V=199$ . Hieruit volgt meteen:

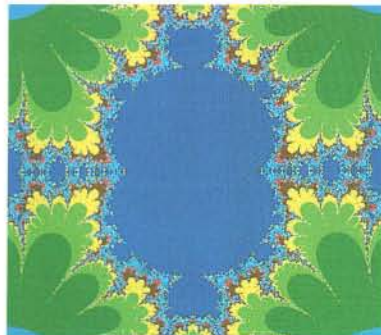
$$P = 319/(A2 - A1)$$

$$Q = 199/(B2 - B1)$$

De getallen P en Q kunnen bij de aanpassing van het programma het beste aan het begin worden berekend, ten gebruike bij alle volgende grafische opdrachten. Daarna behoeft men slechts steeds dezelfde omrekening uit te voeren, wat het beste via een subroutine kan. De pixelcoördinaten zijn steeds gehele getallen, in tegenstelling tot de gebruikerscoördinaten. Bij de omrekening worden in het algemeen voor U en V niet-gehele getallen gevonden. Indien de computer ze niet automatisch tot gehele getallen afrondt dient dit door de programmeur te geschieden met een INT opdracht. Dus:

$$U = \text{INT}(P \cdot (X - A1))$$

$$V = \text{INT}(Q \cdot (B2 - Y))$$



#### Verder lezen

Lauwerier HA. *Analyse met de microcomputer* (1987). *Meetkunde met de microcomputer* (1987). *Modellen met de microcomputer, experimentele wiskunde* (1989). *Epsilon uitgaven* dl.7,8 en 12.



# Democratie

Volgens het artikel van Le Gras en Prins op pagina 966 zijn er verscheidene diersoorten (de Afrikaanse buffel, de Ethiopische mantelvaviaan en de brandgans) die een gedrag vertonen dat veel lijkt op democratische besluitvorming bij mensen. Terecht wijzen de auteurs er op, dat men wel heel voorzichtig moet zijn met zulk gedrag 'menselijk' te noemen, of democratische besluitvorming bij mensen als 'algemeen dierlijk' te interpreteren.

De meesten van ons zijn geneigd zoiets wel te doen, en worden er op zijn minst toe verleid het verhaal over op mensenhandelingen lijkend diergedrag in menselijke termen te vertellen. Die manier van spreken of schrijven maakt de verleiding de dieren te vermensen nog weer groter. Of op zijn minst om 'natuurlijkheid' als verklaring en rechtvaardiging te gebruiken voor wat mensen doen.

Zo zal de felle voorstander van democratie (en dat zijn waarschijnlijk de meesten van ons) misschien geneigd zijn de democratie als de natuurlijke staat van de mensheid te zien. Zo iemand zal het op zijn minst moeilijk krijgen als we hem vragen te verklaren hoe de mensheid het dan zoveel eeuwen zonder democratie heeft kunnen stellen, hoewel hij kan aanvoeren dat bijvoorbeeld vele indiaanse stammen – maar jammer genoeg weer niet alle – al sterk gedemocratiseerd waren lang voordat de Spanjaarden (toen trouwens ook niet bepaald rasdemocraten) Amerika bereikten. Trouwens, als democratie een natuurlijke staat is, dan zou dat nauwelijks anders kunnen betekenen dan dat die wijze van besluitvorming op de een of andere manier genetisch is vastgelegd. De in het artikel beschreven soorten behoren niet precies tot de meest verwante, noch aan elkaar, noch aan de mens.

Zelfs als argument dat de democratie in elk geval niet onnatuurlijk is – bijvoorbeeld in een dispuut met degenen die de dictatuur verdedigen met de stelling dat in het dierenrijk de sterkste gewoon de baas is en dat zulks dus ook zo hoort – kan het artikel geen dienst doen. Immers, de genoemde soorten mogen genetisch ver uit elkaar liggen, ze hebben gemeen dat ze grazen, en dat is voor zover bekend nimmer een menselijke bezigheid geweest.

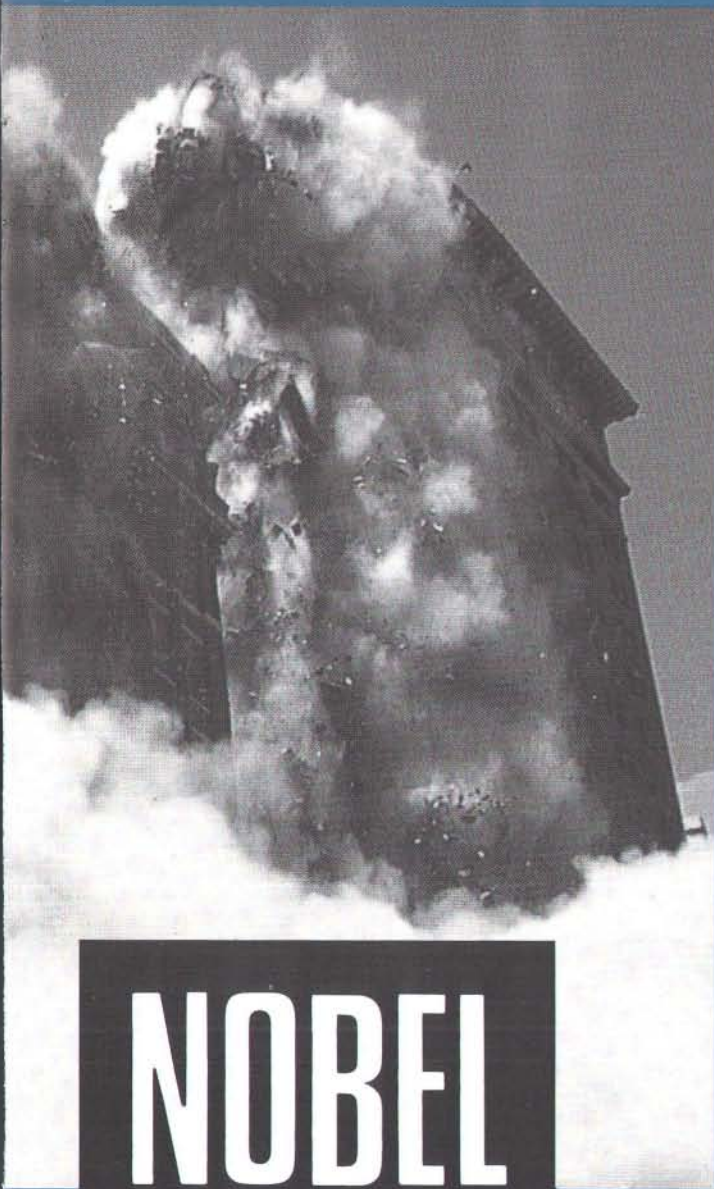
Er zijn in de sociale wetenschappen vele scholen, en één van de grote twistpunten is de vraag of wat een mens doet als 'gedrag' moet worden aangemerkt (de manier van doen, de reactie op een prikkel, is op de een of andere manier eigen gemaakt en onttrekt zich feitelijk aan iets als een wil; redeneringen zijn weinig meer dan rationalisaties van het gedrag, dan wel zelf ook gestandaardiseerde reacties op prikkels), of op zijn minst gedeeltelijk als 'handelen', als een bewuste keuze uit alle mogelijke reacties, een keuze die men kan verdedigen.

Ook deze twist wordt door Le Gras en Prins niet opgelost. De onderzoekers van de eerste categorie zullen bij hen ondersteuning vinden voor hun denkbeeld dat democratisch gedrag klaarblijkelijk via conditionering is bij te brengen mits het maar genoeg voordeel oplevert. De anderen zullen blijven zeggen dat de keuze voor de democratie bij mensen een bewuste keuze is, gemaakt op grond van redelijke overwegingen. Wat van het artikel overblijft is dat het zeer interessant is dat, en op zijn minst de vraag oproept of, democratische (of op zijn minst: gezamenlijke) besluitvorming bij veel diersoorten voorkomt.



**DAVERENDE ONTWIKKELINGEN IN DE WETENSCHAP**





# NOBEL

## PRIJZEN

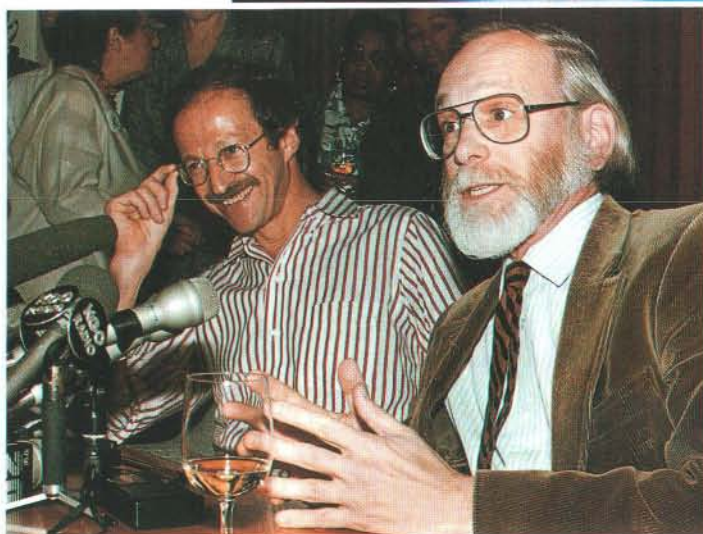
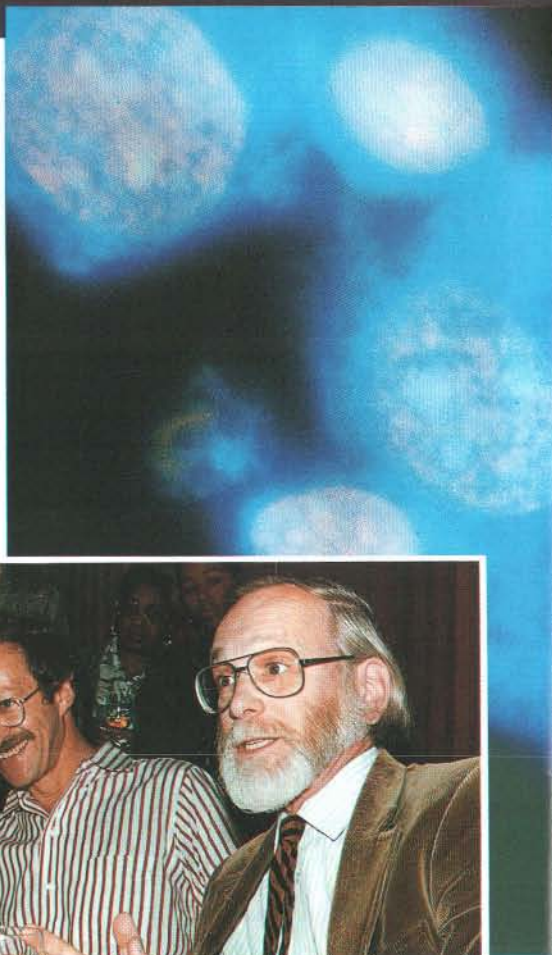
### 1 9 8 9

---

Alfred B. Nobel verdiende goud geld met zijn uitvinding dynamiet. Zijn nalatenschap staat borg voor de belangrijkste prijs die een wetenschapper op onder meer het gebied van natuur-, genees-, en scheikunde kan toevallen. De toekenning van de prijs slaat vaak in als een bom in het leven van de laureaten. Van de ene op de andere dag worden ze wereldberoemd, ofschoon ze dat binnen hun vakgebied al geruime tijd zijn. De winnaars van de scheikundeprijs, Thomas Cech en Sidney Altman, behoren op grond van hun opzienbarende ontdekking van RNA met katalytische eigenschappen tot de meest geciteerde biochemici van de jaren tachtig. Ook Michael Bishop en Harold Varmus dragen klinkende namen. Met de bekroning van hun onderzoek aan *onc*-genen, normale stukjes erfelijk materiaal die na een wijziging een cel in een kankercel veranderen, wordt het hele geneeskundige onderzoek naar het ontstaan van kanker beloond. De natuurkundigen waaraan de Nobelprijs ten deel valt, Norman Ramsey, Wolfgang Paul en Hans Dehmelt, stonden vanwege hun fundamentele bijdrage aan het bundelen en opsluiten van molekulen al lang op de lijst van kandidaten.

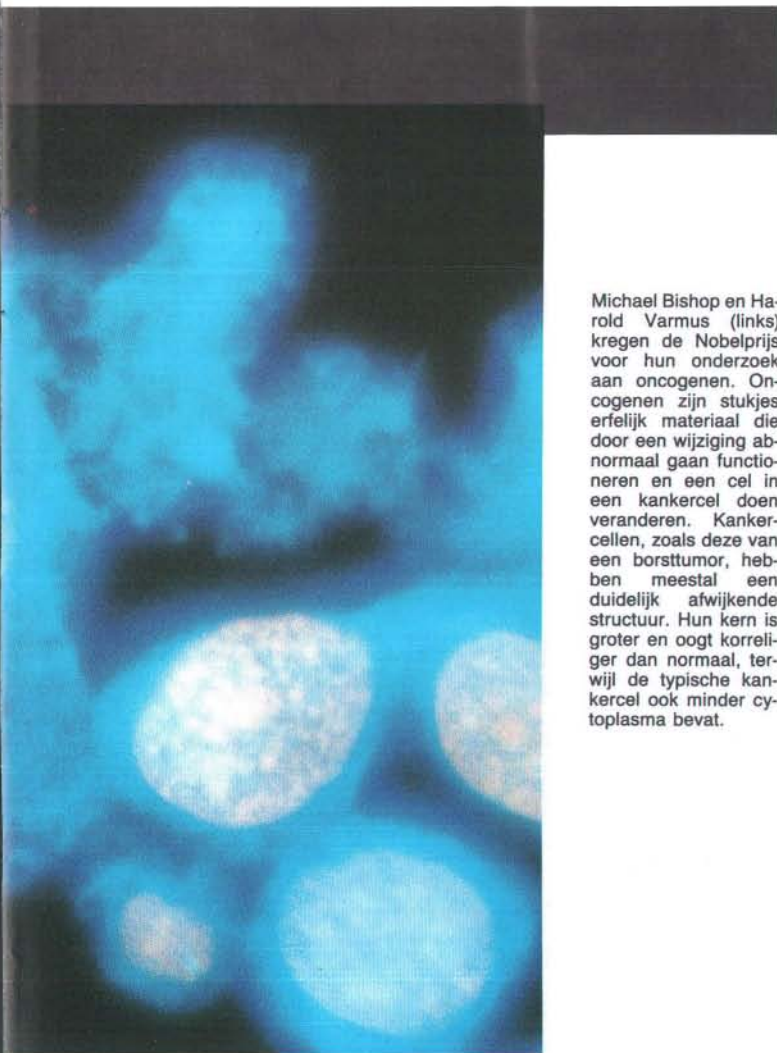
# Onc-genen

Alle eigenschappen van levende organismen worden bepaald door de wisselwerking tussen genen, die voorkomen in de cellen waaruit deze organismen zijn opgebouwd, en de omgeving. Gezwellen ontstaan omdat ergens in het organisme één cel een wijziging ondergaat in haar erfelijk materiaal. Michael Bishop en Harold Varmus delen de Nobelprijs geneeskunde voor hun onderzoek naar het ontstaan van deze wijziging, die tot een abnormaal snelle vermenigvuldiging van de cel tot een weefselmassa leidt. Aldus vormen zich goedaardige gezwellen. Tegelijkertijd kunnen de cellen de eigenschap verwerven zich ongecontroleerd door het lichaam te verspreiden en zich in gezonde weefsels in te planten. Deze uitzaaïng, door medici metastase genoemd, geeft het kwaadaardige of 'kanker'-karakter aan een gezwel, omdat ze de structuur en functie van andere organen ontregelt.



● NOBELPRIJS GENEESKUNDE 1989





Michael Bishop en Harold Varmus (links) kregen de Nobelprijs voor hun onderzoek aan oncogenen. Oncogenen zijn stukjes erfelijk materiaal die door een wijziging abnormaal gaan functioneren en een cel in een kankercel doen veranderen. Kankercellen, zoals deze van een borsttumor, hebben meestal een duidelijk afwijkende structuur. Hun kern is groter en oogt korreliger dan normaal, terwijl de typische kankercel ook minder cytoplasma bevat.

A. Billiau

Rega Instituut, Katholieke Universiteit Leuven

Sedert het begin van deze eeuw heeft men een gestadige vooruitgang geboekt in de kennis van het ontstaan van kanker. De ontdekking van *oncogenen* is een mijlpaal in deze vooruitgang. Oncogenen, de correcte benaming is *onc*-genen, zijn delen van het erfelijk materiaal van de cel. Zij komen in alle cellen, dus ook in de normale cellen van ons organisme, voor. Al deze genen bestaan uit nucleïnezuurmolekulen. Alhoewel het aantal thans bekende *onc*-genen in de tientallen loopt en er nog regelmatig bijkomende worden 'ontdekt', zijn de meeste onderzoekers het er over eens dat hun aantal vrij beperkt is. Ingevolge de enthousiaste jacht op nieuwe oncogenen is er wel wat onenigheid onder onderzoekers gerezen over wat wel en wat niet als *onc*-gen kan doorgaan.

#### V- en c-*onc*-genen

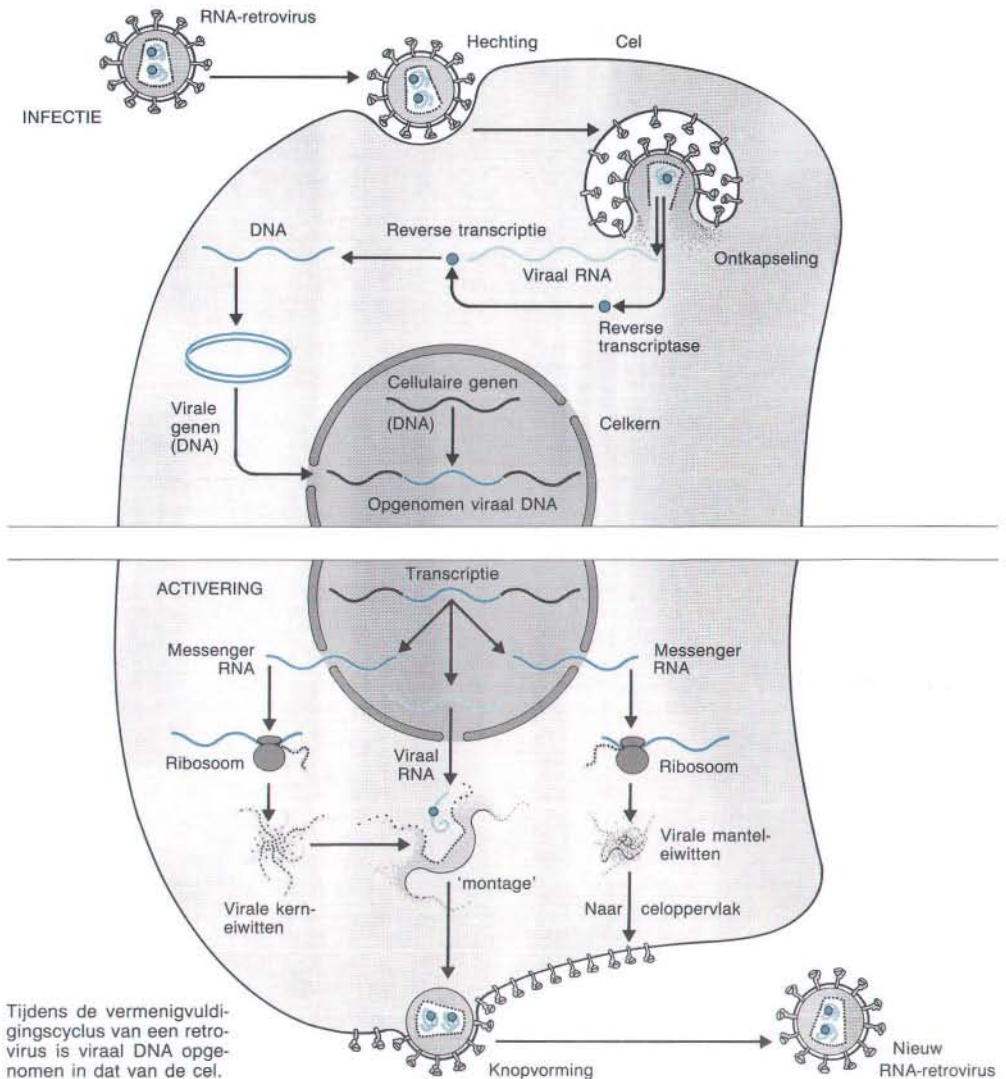
De 'klassieke' *onc*-genen onderscheiden zich van de andere genen van de cel door het feit dat ze in een gewijzigde vorm kunnen voorkomen in *retrovirussen* (zie Intermezzo). Als een cel besmet wordt met een retrovirus dat drager is van een *onc*-gen, dan verandert deze cel zeer snel in een kankercel. De klassieke *onc*-genen komen dus in twee vormen voor: de oorspronkelijke cellulaire vorm, *c-*onc**,

## Retrovirussen

INTERMEZZO

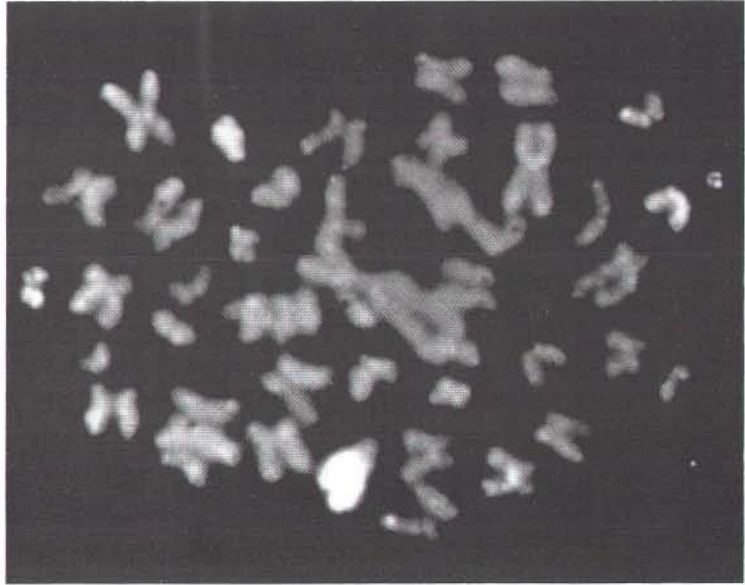
Een retrovirus, zoals ook het AIDS-virus HIV, bestaat uit een RNA-keten verpakt in een eiwitomhulsel terwijl het ook *reverse transcriptase* bevat, een enzym dat het enkelstrengs virus-RNA vertaalt in dubbelstrengs DNA. – Dit enzym baarde indertijd veel opzien onder biochemici, aangezien men altijd had aangenomen dat DNA in RNA werd vertaald en niet omgekeerd. – Het virale DNA wordt vervolgens opgenomen in het DNA van de gastheer cel en

erft daarmee over naar dochtercellen. Ook kan het virus zich in de cel vermenigvuldigen, waarbij weer virusdeeltjes van door eiwit omgeven RNA ontstaan en uit de cel treden. De infectie met retrovirussen kan verschillende gevolgen hebben. Sommige virussen lijken niet schadelijk, in geval van HIV leidt besmetting uiteindelijk tot een desastreuze ziekte, terwijl andere retrovirussen tot kanker aanleiding kunnen geven.





1. Leukemie is een ziekte waarbij witte bloedcellen in kankercellen zijn veranderd. Precies daardoor kunnen deze onbeperkt worden gekweekt in het laboratorium. HL-60 is zo'n cellijn, afgeleid van witte bloedcellen van een leukemiepatiënt. Op chromosoom 8 van deze cellen liggen meerdere *c-myc-onc*-genen, zoals hier zichtbaar is gemaakt met behulp van de techniek *in situ* hybridisatie. Een stukje radioactief-DNA dat precies past op een nucleotidevolgorde binnen het *c-myc*-gen bindt aan het chromosomale DNA op de plaats waar zich zo'n gen bevindt. Het sterke signaal duidt op een vergroot aantal genen.



1

en de gewijzigde retrovirale vorm, *v-onc*. Over de biologische betekenis van de *v-onc*-genen bestaat geen twijfel: ze zijn verantwoordelijk voor het kankerverwekkend vermogen van de retrovirussen die deze genen met zich mee dragen. Dergelijke *onc*-gen-bevattende retrovirussen komen in de natuur slechts zelden voor; de meeste heeft men bij toeval gevonden en alleen met uiterste zorg kunnen ze in een laboratorium in stand worden gehouden. Ook is het zo dat dergelijke virussen niet als oorzaak van kanker bij de mens kunnen worden nagewezen.

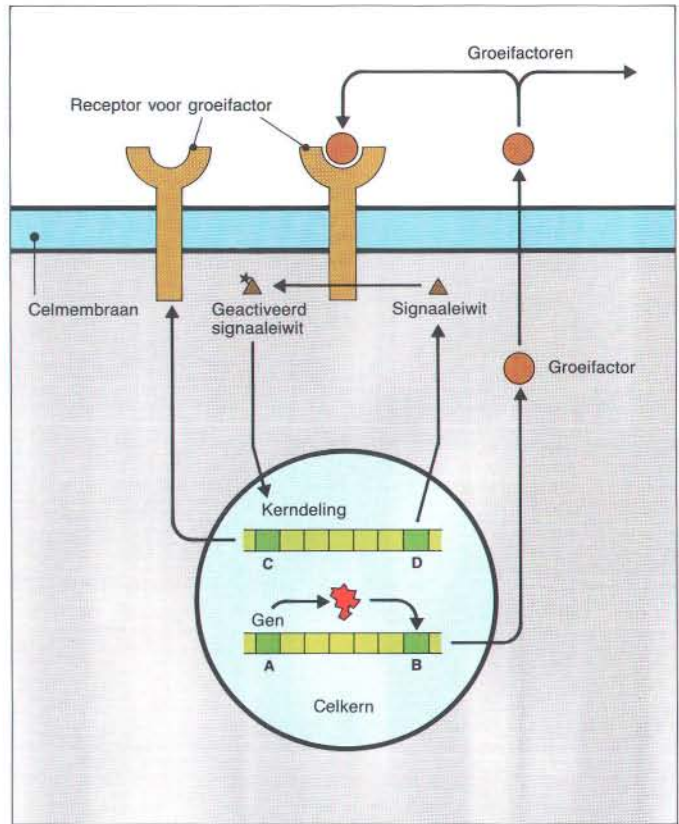
De laatste jaren heeft men heel wat geleerd over de wijze waarop *v-onc*-genen tot een kwaadaardige transformatie van de cel kunnen leiden. Door de nucleotidevolgorde van deze oncogenen te vergelijken met die van andere genen heeft men vastgesteld dat *v-onc*-genen gelijkenissen vertonen met de genen die voor verschillende, normale eiwitmolekulen coderen. Van deze eiwitten weet men dat ze in de normale cel de rol vervullen van groeifactoren, van membraanreceptoren voor groeifactoren, of van signaalmolekulen die de communicatie verzekeren tussen dergelijke receptoren en de celkern. Uit deze bevindingen heeft men dan ook afgeleid dat *c-onc*-genen in de normale cel coderen voor eiwitmolekulen die een regulerende werking uitoefenen op de celgroei.

#### Van *onc*-gen tot natuurlijk kankergezwel

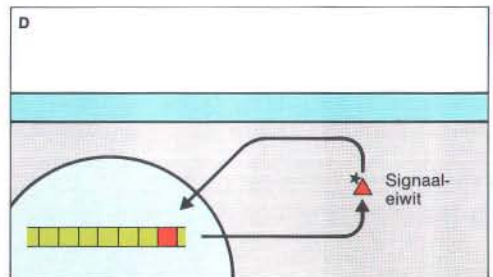
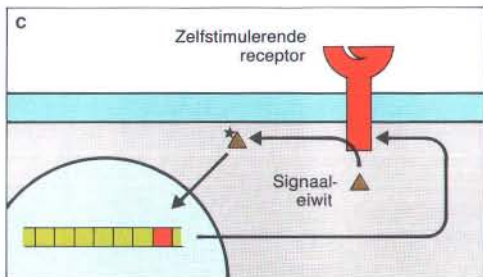
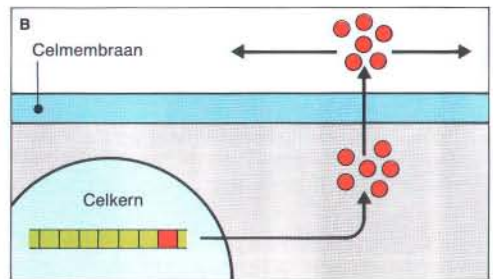
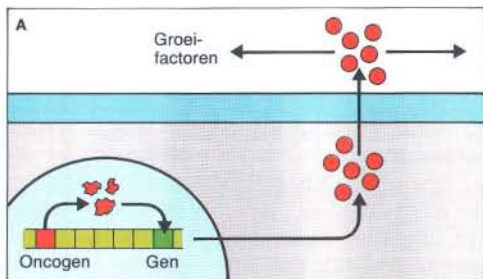
De tot nu toe bekende *onc*-genen kunnen op drie manieren aanleiding geven tot kankergezwellen. In twee gevallen verandert de omgeving van het betrokken *onc*-gen, in het derde het gen zelf. Zo treedt bij de kip een vorm van leukemie, kanker van de witte bloedcellen, op na besmetting met een retrovirus. Dit bezit weliswaar geen *v-onc*-gen, maar het bouwt zijn erfelijk materiaal in op een plaats dichtbij een *c-onc*-gen van de kip. Dit *c-onc*-gen draagt de naam *c-myc*. Door de nabijheid van een retrovirus gaat het normale *c-myc* van de kip op een abnormale manier functioneren, waardoor de besmette cellen in kankercellen veranderen.

Ook van bepaalde vormen van leukemie bij de mens, zoals het Burkitt-lymfoom, heeft men vastgesteld dat de omgeving van bepaalde *c-onc*-genen zich wijzigt. Maar nu veranderen de *onc*-genen van plaats. Na een breuk in een chromosoom kan een stuk afbreken en zich aan een ander chromosoom hechten. Indien het *c-onc*-gen zich nabij de breuk- of hechtplaats bevindt, komen door deze zogeheten *translocatie* de betrokken *c-onc*-genen wederom in een abnormale omgeving. Bijgevolg raakt hun normale functionering verstoord en zet de verkanking zich in.

2. In een normale cel spelen verschillende genproducten een rol bij de groei: *groefactoren*, waarvan de aanmaak is *gecontroleerd*, binden aan de buitenzijde van het celmembraan aan een *receptor*. Deze activeert daarop binnen de cel een *signaaleiwit* dat de celkern tot deling aanzet. De gevonden *c-onc*-genen lijken op de genen die voor deze eiwitten coderen. Men denkt dat een verstoring in de structuur, de localisatie of het aantal exemplaren van zulke genen, ertoe leidt dat ze de cel in een kanker cel laten veranderen. Zo zal zich een overmatige productie van groeifactor voordoen wanneer het gen dat hiervoor codeert te veel wordt gestimuleerd (A) of zelf is veranderd (B). Ook kan een cel abnormaal gaan groeien wanneer het oncogen codeert voor een receptoreiwit dat actief is zonder dat een groeifactor het prikkelt (C). Het systeem wordt helemaal kortgesloten wanneer het oncogenproduct een geactiveerd signaaleiwit is, zodat zonder tussenkomst van groeifactor en receptor de kern tot deling wordt gestimuleerd (D).



2





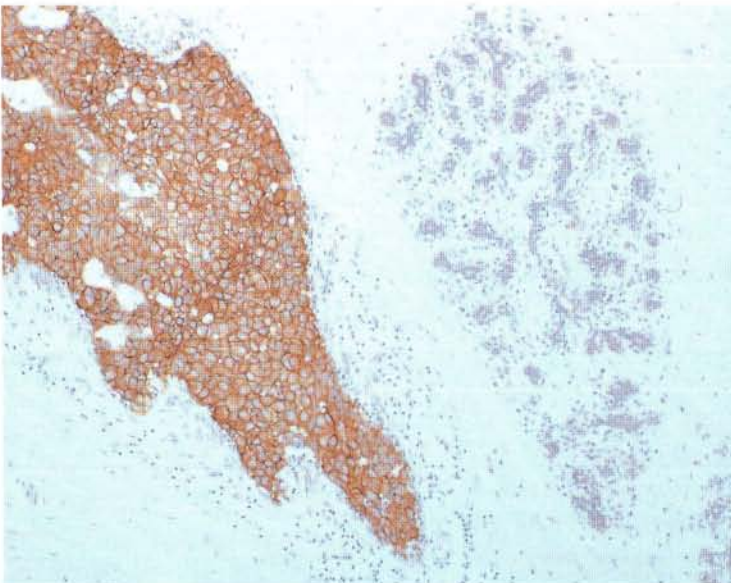
De derde manier hangt samen met *puntmutaties*. Bij bepaalde vormen van kanker van de blaas, de long en de dikke darm heeft men kunnen vaststellen dat er in een bepaald *c-onc*-gen, het zogenaamde *c-ras*-gen, een minieme verandering in de DNA-code is opgetreden. Merkwaardig is vooral het feit dat deze verandering zich steeds binnen een beperkt gebied van het *c-ras*-gen voordoet.

### Twintig jaar kankeronderzoek

Het aantal verdienstelijke onderzoekers in het domein van de *onc*-genen loopt in de honderden. De toekenning van de prijs aan twee van hen is een eer voor allen. Het bestaan van *onc*-genen werd reeds in 1969 verondersteld door Huebner en Todaro, wat voor de Katholieke Universiteit Leuven de reden was om Huebner in 1973 een ere-doctoraat te verlenen. Hun hypothese hield in dat normale cellen genen bevatten die ook aanwezig zijn in kankerverwekkende retrovirussen. — De auteurs noemden deze genen oncogenen en dus niet *onc*-genen. — Ze hadden voor hun stelling slechts indirecte aanwijzingen, zodat hun publikatie erg omstreden was. Bovendien beschikte men op dat ogenblik nog niet over de technische middelen om de hypothese te bewijzen.

In de loop van de jaren zeventig werd met nucleïnezuur-onderzoek voor het eerst ondubbelzinnig bewezen dat een kankerverwekkend retrovirus, het Rous sarcomavirus van de kip, zijn kankerverwekkend vermogen dankt aan een gen. Aan dit gen werd de naam *src*-gen gegeven. — De letters *s*, *r* en *c* zijn de drie eerste medeklinkers uit het woord sarcoom, dat aangeeft dat het kanker van mesoderm-weefsel betreft; kanker van endo- en ectodermweefsel duidt men aan als carcinoom. — Alhoewel dit bewijs, oppervlakkig bekeken, een niet zo spectaculaire vooruitgang betekende, was het toch de belangrijkste impuls voor verder onderzoek.

Men wilde nu nagaan of de vinding veralgemeend kon worden, dus of ook andere kankerverwekkende virussen dergelijke genen bevatten. Dit vermoeden werd bewaarheid en de genen kregen telkens namen van drie letters, zoals *myc*, *ras*, en *fes*, die verwezen naar de naam van het virus waarin men ze aantrof. De lijst werd zo lang dat men een algemene benaming wenste: wat was er logischer dan ook nu een drieletterig woord te nemen en daarvoor de drie letters *o*, *n* en *c* te kiezen. Het ging immers om genen uit kankerverwekkende, dus oncogene virussen. Zo ontstond de benaming *onc*-genen.



3. Het *neu*-oncogen codeert in menselijke borstkankercellen (links) voor een abnormaal, receptorachtig eiwit dat op de celmembraan zit. Het tumoreweefsel is in een immunoperoxidase-reactie aangekleurd met een monoclonaal antilichaam tegen het veranderde *neu*-eiwit, dat in normaal weefsel (rechts) niet voorkomt. De groeifactor die aan het *neu*-eiwit bindt, is overigens nog onbekend.

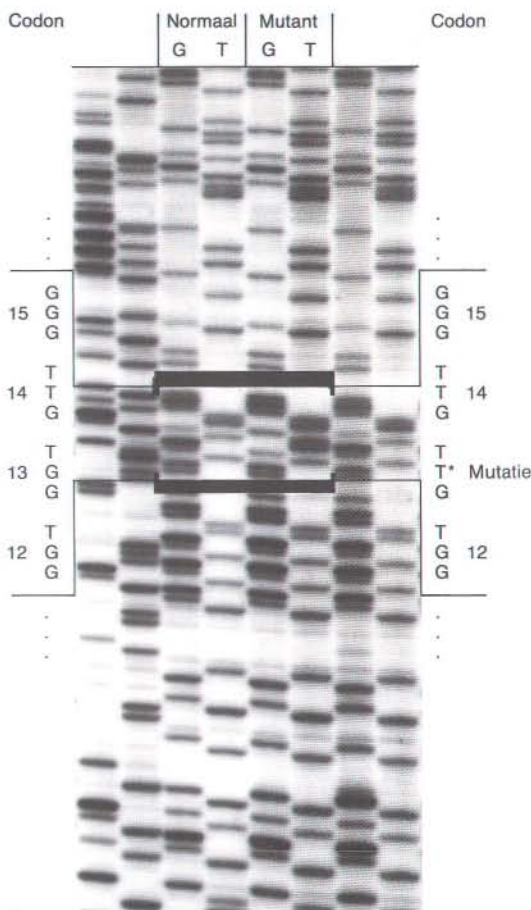
Ook wilde men weten voor welke eiwitten deze kankerverwekkende genen eventueel codeerden. Voor het eerst kwam men iets te weten over het eiwit waarvoor het *src*-gen uit het Rous sarcomavirus de informatie draagt. Het bleek een fosforylerend enzym te zijn dat in de celmembraan van de kankercel is ingebouwd. Deze ontdekking was al even belangrijk als de vorige omdat ze de aandacht vestigde op deze groep van enzymen en hun belang in het ontstaan van kanker.

### De bijdrage van Varmus en Bishop

Daarna kwam de ontdekking die dit jaar met de Nobelprijs is bekroond. J. Michael Bishop en Harold Varmus troffen in normale cellen van de kip een gen aan, dat veel leek op het virale *src*-gen. De consternatie werd nog groter toen bleek dat ook normale cellen van de rat en van alle andere diersoorten *src*-genen bevatten. Men moest nu een onderscheid maken tussen de *onc*-genen in retrovirussen en die in normale of kankercellen. Met *v-onc* verwees men voortaan naar virale *onc*-genen en met *c-onc* naar cellulaire.

De ontdekking dat normale cellen *onc*-genen bevatten was belangrijk omdat ze wees op de normale rol van deze genen. Deze controleren het 'sociale gedrag' van cellen, dat wil zeggen hun gedrag tegenover omliggende cellen. Er ontstond toen een golf van onderzoek naar de manier waarop cellen met elkaar communiceren via de eiwitmolekulen die door *c-onc*-genen worden gecodeerd. Vele van deze communicatiemolekulen zijn groeifactoren of receptoren voor groeifactoren, zodat het niet verwonderlijk is dat een abnormale functie van de *onc*-genen tot verwilde groei van de cellen aanleiding geeft.

Nu rees ook de vraag op welke wijze de *v-onc*- en de *c-onc*-genen met elkaar in verband staan. Men is het er thans over eens dat retrovirussen over het algemeen geen *onc*-genen bevatten, maar wel over het vermogen beschikken om dergelijke *onc*-genen uit cellen op te pikken en tijdens hun daaropvolgende vermenigvuldiging te bewaren. Een retrovirus dat een *onc*-gen opneemt, wordt daardoor een kankerverwekkend retrovirus. Het ingewikkelde proces van oppikken en bewaren kan aanleiding geven tot veranderingen in het opgenomen *onc*-gen. Dit verklaart het waargenomen



4

4. Bij AML, een acute vorm van leukemie, treft men vaak één verandering aan in het *N-ras*-gen. Vergelijken met de nucleotidevolgorde van het normale gen (links) zit in het ge-

muteerde gen (rechts) een thymidine- op de plaats van een guaninenucleotide. Dit heeft als gevolg dat in het eiwit het dertiende aminozuur geen glycine maar een valine is.

verschil in opbouw tussen *v*- en *c-onc*-genen.

De ontdekking van de Nobelprijswinnaars stelde nog een andere vraag aan de orde: hoe zit het met kankers die niet door retrovirussen verwekt worden doch 'spontaan' schijnen te ontstaan? Hebben de *onc*-genen daar ook iets mee te maken? Men ging op zoek naar verschillen tussen de *c-onc*-genen in de kankercellen van één bepaalde patiënt en de overeenkomstige *c-onc*-genen in zijn normale cellen. Hierbij vroeg men zich af of de mogelijke verschillen de structuur, het aantal of de functie



van de genen zouden betreffen. Eén van de spectaculairste vondsten die uit dit onderzoek voortvloeide, was de ontdekking dat in kankercellen waar het eerder genoemde *c-ras*-gen een rol speelt, dit gen een puntmutatie vertoont. Dat wil zeggen dat het gen op één plaats is veranderd; één nucleïnezuurschakel is vervangen door een andere. Het is opzienbarend dat deze substitutie telkens en uitsluitend binnen hetzelfde gebied van het *ras*-gen optreedt. Dit wijst erop dat in het gen op die plaats niets kan veranderen of de hele machinerie slaat op hol: één valse noot in de nucleïnezuur-melodie verwekt kanker.

### Anti-oncogenen

Ook vond men dat de catalogus van cellulaire *onc*-genen zich niet beperkte tot deze die men, zij het in gewijzigde vorm, terugvond in kankerwekkende retrovirussen. Reeds aan het eind van de jaren zeventig, dus ongeveer gelijktijdig met de ontdekking van het eerste virale *onc*-gen, was men erin geslaagd stukjes erfelijk materiaal uit kankercellen over te brengen naar normale cellen en deze daardoor tot kankercellen om te vormen. Had men de virale *onc*-genen niet ontdekt, dan zou dit onderzoek ook wel tot het concept van de *onc*-genen hebben geleid.

Ondanks al deze verhelderende ontdekkingen bleven en blijven er nog vragen onbeantwoord. Zo weet men reeds lang dat vele kankers bij de mens niet aan mutaties of translocaties te wijten zijn, maar veeleer aan weglatingen (*deleties*) in het erfelijk materiaal. Deze kankers kan men niet verklaren uit het optreden van *onc*-genen. De *onc*-genen zoals men ze

uit het onderzoek aan de retrovirussen heeft leren kennen, verwekken immers kanker door hun aan- en niet door hun afwezigheid. Meestal betreft het genen die coderen voor eiwitten die de celgroei bevorderen en bij overdreven functie tot overdreven celgroei, dat wil zeggen kanker leiden. Een slechte werking van eiwitten die de celgroei beperken in plaats van bevorderen, kan ook een overdadige groei tot gevolg hebben. Men ging daarom op zoek naar genen die in normale cellen de groei remmen. Deze genen heeft men gevonden en men heeft kunnen aantonen dat hun afwezigheid tot kanker leidt. Deze genen kregen de naam *anti-oncogenen*.

Bij iedere ontdekking die hier werd genoemd, zouden we verschillende namen van potentiële Nobelprijswinnaars kunnen plaatsen. Vooral de vondsten en het vernieuwende denkwerk dat voorafging aan het werk van de thans gelauwerden verdient vermelding. Toch noemen we liever geen namen. Het publiek moet weten wat men heeft ontdekt en hoe men de ontdekkingen heeft gedaan. Wie de ontdekkers waren is minder belangrijk. Maar als we in gedachten de tientallen namen langslopen van de onderzoekers die in het oncogenen-domein het baanbrekend werk bij uitstek hebben verricht, dan moeten we vaststellen dat het merendeel werkzaam is (geweest) in Amerikaanse laboratoria. Eén verklaring daarvoor vormt de massa financiële middelen die vooral in de jaren zeventig door de federale regering ter beschikking werd gesteld van het fundamenteel onderzoek. Twintig jaar is lang, maar toch: wat toen geïnvesteerd werd, levert tot op heden wereldwijd zijn vruchten op.

### Literatuur

- Bishop JM. Viral Oncogenes. Cell 1985; Vol 42: August, 23-38.  
 Janssens PMW. Moleculaire estafette – Signaaloverdracht in cellen. Natuur en Techniek 1989; 57: 11, 872-883.  
 Sluysers M. Oncogenen – Wolven in schaapskleden. Natuur en Techniek 1988; 56: 4, 306-317.  
 Varmus H. Retroviruses. Science 1988; Vol 24: 10 July, 1427-1435.

### Bronvermelding illustraties

- Sylvius Laboratorium, Leiden: 918-919.  
 ANP-foto, Amsterdam: 918-919.  
 A.K. Raap, Leiden: 1.  
 R. Nüsse, Amsterdam: 3.  
 B. Burgerink, Leiden: 4.

# Beheerste molekulen



**S. Stolte**

*Scheikundig Laboratorium  
Vrije Universiteit Amsterdam*

**W.L. Meerts**

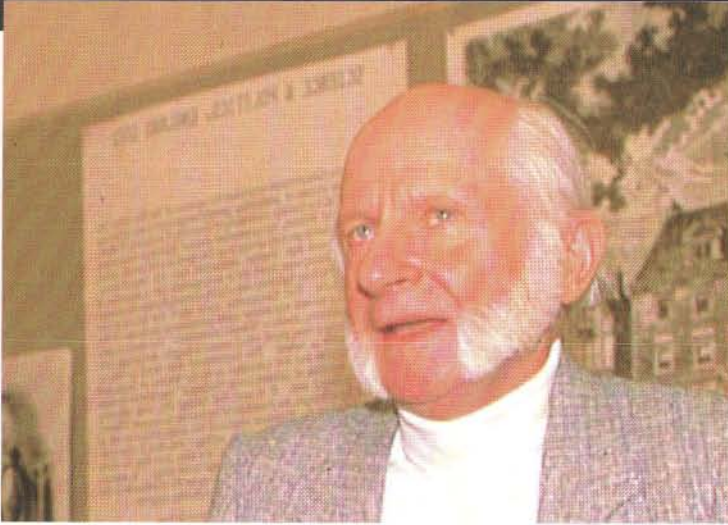
**J.J. ter Meulen**

**J. Reuss**

*Afdeling Molekuul- en Laserfysica  
Katholieke Universiteit Nijmegen*

● NOBELPRIJS NATUURKUNDE 1989





Wolfgang Paul (geheel links, met 'val'), Hans Dehmelt (linksboven) en Norman Ramsey kregen na tientallen jaren eindelijk de erkenning die ze vanwege hun werk al lang verdienden: de Nobelprijs natuurkunde 1989.



Drie kalende, grijze heren delen dit jaar de Nobelprijs natuurkunde. Deze eer valt hun te beurt voor de bijdrage die ze leverden aan de molekuulfysica. De Amerikaan Norman Ramsey krijgt de helft van de prijs voor zijn vervolmaking van de magnetische bundelresonantie-techniek. De belangrijkste toepassing daarvan vinden we in atoomklokken. Dankzij Ramsey zijn die tot op één tienbiljoenste seconde nauwkeurig. De Duitser Wolfgang Paul en zijn naar de VS geëmigreerde student en landgenoot Hans Dehmelt delen de andere helft van de prijs voor het focuseren en opsluiten van molekulen. Pauls werk vindt onder meer toepassing in de hoge-energiefysica en de chemische analyse; het werk van Dehmelt is voornamelijk fundamenteel van aard.

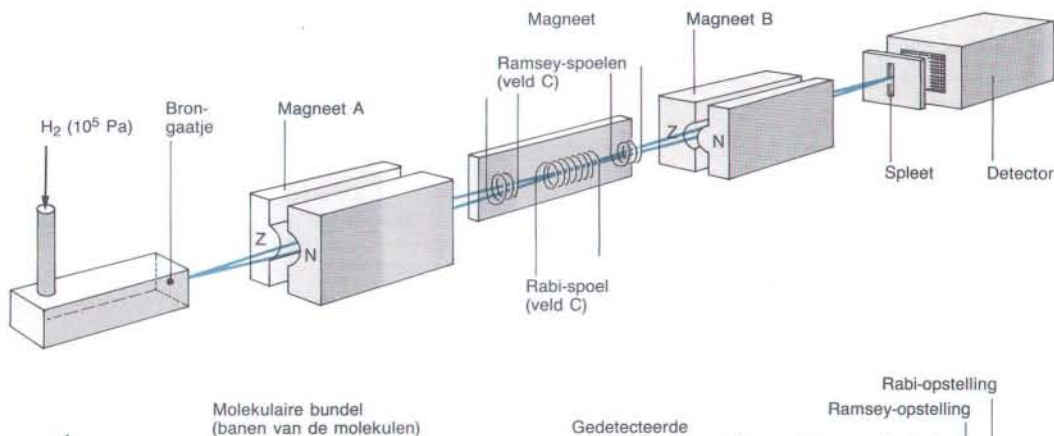
## Norman Ramsey

Norman Ramsey, emeritus hoogleraar van de befaamde Harvard University (Massachusetts, VS) is 75 jaar, maar heeft nog steeds iets jongensachtigs en jeugdigs in zijn optreden. Ramsey is een typische 'New England man': joviaal, optimisme uitstralend, Kennedy-achtig. Hij is een leerling van Isidore Rabi — die in 1944 de Nobelprijs natuurkunde kreeg — wiens werk aan gebundelde molekulen hij heeft voortgezet en vervolmaakt.

Een moleculaire bundel kan worden gemaakt door gas, door een opening en enkele diafragma's, in een vacuüm te laten ontsnappen. Er ontstaat dan een straal van molekulen die, in een min of meer parallelle richting, alle vanuit de opening wegvliegen en zich botsingsvrij door het vacuüm bewegen. De Rabi-methode, de magnetische bundelresonantietechniek, berust op het magnetisch afbuigen van atomaire deeltjes uit zo'n ijle bundel. Norman Ramsey heeft over deze bundeltechniek het boek *Molecular Beams* geschreven, het standaardwerk van de afgelopen 30 jaar. In deze 30 jaar hebben bundeltechnieken, vooral als

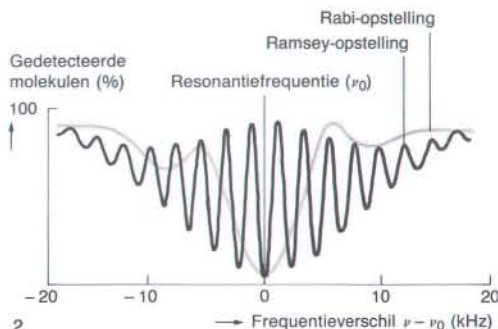
gevolg van verbeterde vacuümtechnieken, een hoge vlucht genomen. Inmiddels heeft de magnetische bundelresonantiemethode ook een soort eindpunt bereikt. De eerbiedwaardige Rabi-Ramsey-methode heeft het moeten afleggen tegen moderne lasertechnieken, waar de principes van Ramsey's methode echter nog steeds in te herkennen zijn.

Rabi liet een moleculaire bundel achtereenvolgens een magneetveld A, een elektromagnetisch veld C en weer een magneetveld B (even sterk als en gelijkgericht aan A, maar met tegengesteld krachtenveld) doorlopen. Daarachter plaatste hij een smalle spleet en een detector (zie afb. 1). De molekulen die door A afgebogen worden, worden door B weer teruggebogen. Zij zullen de spleet moeiteloos passeren en in de detector belanden. Dat gebeurt niet als het elektromagnetische veld een frequentie heeft die overeenkomt met een (quantummechanische) magnetische overgang  $\nu_0$  in het molekuul. Bij een dergelijke resonantie verandert de magnetische eigenschap van het molekuul en zal het magneetveld B niet in staat zijn het molekuul 'terug' te buigen. Het molekuul valt naast de spleet en kan de detector niet be-



1 en 2. Met een proefopstelling als in deze figuur voerden Rabi en Ramsey hun magnetische bundelresonantie-experimenten uit. Rabi gebruikte voor veld C één lange spoel en Ramsey twee korte spoelen. Afbeelding 2 toont de

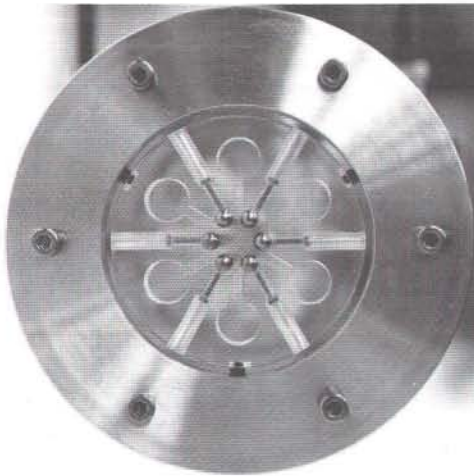
resultaten van de proeven. Het percentage van de bundelmolekulen dat door de spleet valt is uitgezet tegen de afwijking van de resonantiefrequentie. Zie voor verdere uitleg de tekst van het artikel.



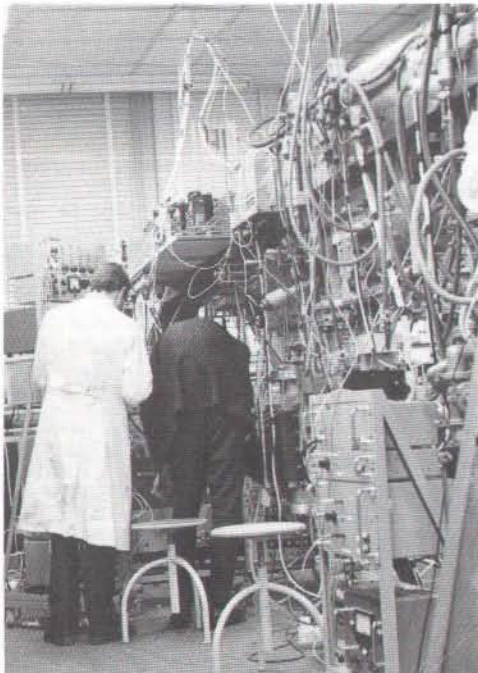


3. De 'bolletjes' in het midden van de foto zijn de uiteinden van zes lange elektrodes, die samen een zespoollens vormen. De lens kan deeltjes met bepaalde elektrische eigenschappen focuseren.

4. Vanwege het hoge vacuüm en de vele meet- en regelapparatuur is een Rabi/Ramsey-machine een ingewikkeld apparaat. Hier zien we auteur Stolte (zwart jasje) met een technicus aan het werk.



3



4

reiken, wat resulteert in een verlies aan detectorsignaal. Door een wisselwerking plaats te laten vinden tussen de bundel molekulen en een elektromagnetisch veld van een bepaalde frequentie, is het dus mogelijk om de molekulen uit de bundel af te buigen.

In principe bepaalt de vluchttijd  $T$  van een molecuul door het C-veld de breedte van de frequentieband ( $\Delta\nu$ ) waarbij de molekulen naast de spleet vallen. Deze 'onnauwkeurigheid' is omgekeerd evenredig met de vluchttijd:  $\Delta\nu = T^{-1}$ . Afbeelding 2 laat een resonantieband met een breedte  $\Delta\nu$  rondom  $\nu_0$  zien. Het blijkt praktisch niet mogelijk de bandbreedte  $\Delta\nu$  te versmallen door de spoel (en daarmee  $T$ ) langer te maken. Inhomogeniteiten in het magneetveld van een begeleidende magneet zorgen er dan namelijk voor dat de waarde van  $\nu_0$  over de lengte van de spoel gaat variëren.

Norman Ramsey realiseerde zich, dat als een molecuul door een elektromagnetisch veld vliegt waar de frequentie  $\nu$  wordt opgewekt in twee gescheiden, maar achter elkaar geplaatste spoelen, dat dan als het ware interferentie optreedt. De magnetische veldsterkte hoeft dan alleen maar voor beide spoelen gelijk te zijn. De homogeniteit van het veld tussen de spoelen is dan nog nauwelijks van belang. De bandbreedte  $\Delta\nu$  van de resonantiefrequentie behoudt bij deze Ramsey-opstelling de waarde  $T^{-1}$ , waarbij  $T$  de vluchttijd tussen de spoelen is. Door deze truc kan de theoretische smalle bandbreedte van een lange spoel toch gehaald worden (afb. 2). Natuurlijk is het effect van twee spoelen niet helemaal gelijk aan dat van de ideale lange spoel. Door 'interferentie' treden harmonische, zogenaamde Ramsey-zijbanden, rondom de resonantiefrequentie  $\nu_0$  op, met onderlinge frequentieafstanden  $2\pi \cdot T^{-1}$ .

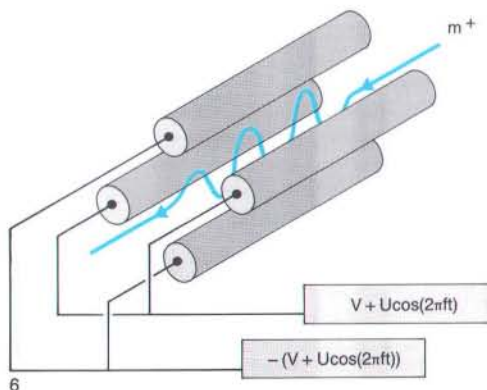
In de praktijk wordt de Ramsey-truc toegepast in atomaire cesiumklokken, die een absolute frequentienauwkeurigheid van  $1:10^{13}$  kunnen hebben. Met een *waterstofmaser* (maser = laser die microgolven uitstraalt) kan zelfs een frequentiestabiliteit worden bereikt die nog een factor 100 beter is. De eerste waterstofmaser werd in de groep van Ramsey construeerd. In het apparaat wordt een bundel H-atomen opgevangen in een zeer koude (enkele Kelvin) microgolftuholte. Door een speciale coating van de holte zal de spintoestand van de H-atomen gedurende de verblijftijd ( $T$

$\approx 1$  s) niet omklappen bij een botsing met de wand. De waterstofmaser heeft een scherpe ( $\Delta\nu = T^{-1}$ ) en constante resonantiefrequentie.

In de waterstofmaser selecteert een zespool-lens de atomen op hun (energetische) spin-toestand. Deze toestandsselectie brengt een zogenaamde *populatie-inversie* tot stand, waardoor het masereffect plaats kan vinden.

### Wolfgang Paul

De zespool-lens is een uitvinding van Wolfgang Paul, die hij deed toen hij aan het begin van zijn universitaire loopbaan in Göttingen werkte. Het waren toen arme jaren, zowel voor wat betreft universitaire budgetten, als ook salarissen en de verkrijgbaarheid van allerlei apparatuur. Paul liep indertijd rond in een broek waarvan het zitvlak op kunstige en alternatieve wijze was versteld. Paul (nu 76 jaar oud) is een zeer levendige persoonlijkheid, zonder poes-pas of pretenties. Hij dankt zijn faam aan het stelselmatig doordenken van de mogelijkheden om geladen en ongeladen atomaire deeltjes af te buigen en te focuseren. De zespool-lens was hier één van de vele vruchten van.



5. De methode van Ramsey maakt een zeer stabiele instelling van de resonantiefrequentie mogelijk.

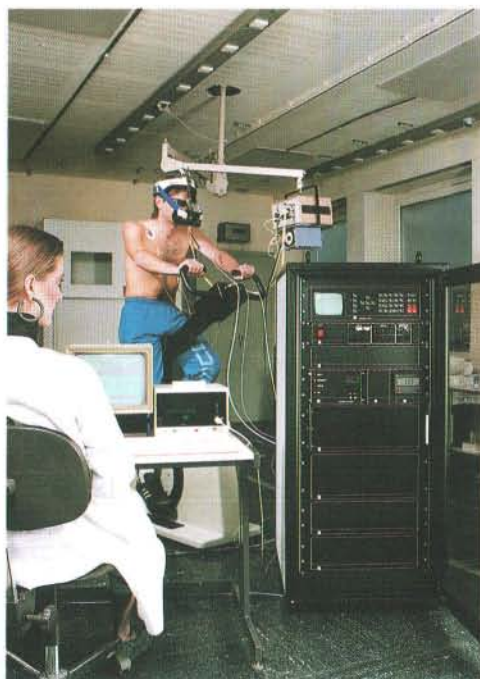
6, 7 en 8. Door de spanning op de elektroden van een vierpoolmassafilter (6) juist in te stellen, gaan alleen moleculen met een zeer bepaalde massa er doorheen. De Sporthochschule Köln gebruikt deze methode van Paul om

In cesiumklokken wordt die frequentie benut om een hypernauwkeurig tijdsignaal te genereren.

ademhalingsgassen te analyseren. De veelzijdigheid van Paul mag blijken uit het feit dat zijn vindingen ook toepassing vinden in de hoge-energiefysica. Paul was directeur van enkele vooraanstaande versnellerinstituten.

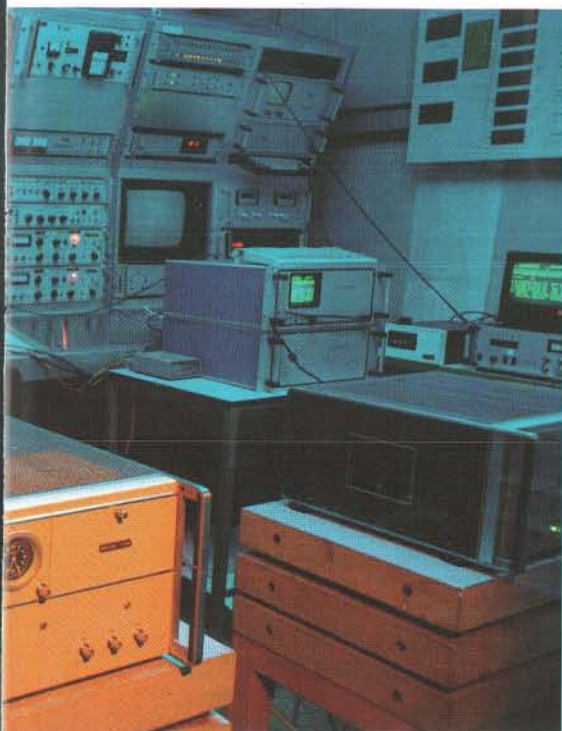


5



7





Een *magnetische* zespool focuseert deeltjes met een bepaalde tolrichting naar de as van de zespool en defocuseert deeltjes die een tegengestelde draaiing uitvoeren. Met een *elektrische* zespool kunnen op analoge wijze moleculen met een elektrisch dipoolmoment, zoals ammoniak, worden gefocuseerd.

De groep van Paul hield zich ook bezig met geladen deeltjes, wat leidde tot de uitvinding van een geheel nieuw type massa-spectrometer, het zogenaamde Paul- of vierpoolmassa-filter. Achteraf is het idee heel simpel. In een elektrisch wisselveld ondergaan geladen deeltjes een gemiddelde kracht die in de richting van afnemende veldsterkte wijst. Een lading die zich in deze richting beweegt wordt namelijk langzamer afgeremd dan wanneer ze in de tegengestelde richting beweegt, juist omdat dan de krachten zwakker zijn. Dus als je vier parallelle staven elektrisch zó aan elkaar koppelt, dat tegenoverliggende staven doorverbonden zijn en op de twee stavenparen een hoogfrequente wisselspanning komt te staan als in afbeelding 6, dan zal de resulterende kracht op een lading deze naar de as midden tussen de vier staven van de vierpool drijven, ongeacht de massa en het teken van het geladen deeltje. Om nu een massafilter te krijgen moet naast de wisselspanning nog een gelijkspanning worden aangelegd, die in één vlak destabiliserend werkt op de beweging van de ladingen. Bij een geschikte keuze van de frequentie  $f$  en de sterkte van wissel- en gelijkspanning ( $U$  en  $V$ ) werkt de vierpool als een massafilter: slechts de deeltjes met één bepaalde massa blijven bewegen op een baan langs de as van de vierpool, alle andere deeltjes buigen daar vanaf. Dit simpele massafilter heeft kleine afmetingen, is licht en handig en heeft bij vele toepassingen de magnetische massa-spectrometer (een gewichtige onmogelijkheid in bijvoorbeeld de ruimtevaart) volledig verdrongen.

De systematicus Paul dacht door: wat in twee dimensies mogelijk is (massafilter) moet ook in drie dimensies kunnen. Hij vond de Paul-ionenval uit. De vier staven zijn hier omgevormd tot hyperbool-oppervlakken met rotatiesymmetrie om de  $z$ -as. Een hyperboolvormige elektrode vormt een ring om de  $z$ -as, waarboven en waaronder zich twee schotelvormige elektrodes bevinden die elektrisch met elkaar zijn verbonden. Wederom maakt de com-



binatie van frequentie, gelijk- en wisselspanning dat een ion of een elektron met een bepaalde massa voor weken stabiel kan worden ingevangen en geobserveerd.

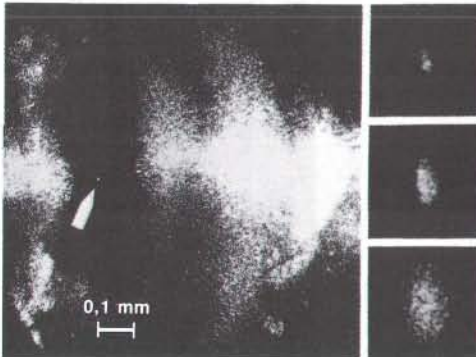
De stabiele baan die hier door wisselspanning wordt bereikt kan men ook bereiken door een geladen deeltje achtereenvolgens tegengestelde velden te laten doorlopen. Paul is mede-uitvinder van de sterk focuserende versnellers, waarin hij dit principe toepaste. Hij bouwde een elektronenversie van het apparaat in de kelder van het Physikalisches Institut te Bonn, waar hij inmiddels werkte. Hier maakte Paul de overstap van atoomfysica naar hoge-energiefysica. In dat vak staat hij er om bekend, dat hij voor een tiende van de kosten hetzelfde of meer weet te bereiken dan wat zijn versnellercollega's elders presteren.

Paul was mede-directeur van DESY te Hamburg en directeur van CERN te Genève. Hij kan gekenschetst worden als praktisch en eenvoudig. Recentelijk heeft hij zich met twee zoons succesvol beziggehouden met het opsluiten van neutronen in een magnetische fles. Zij konden de levensduur van het neutron vaststellen op  $876,7 \pm 9,9$  seconden.

## Hans Dehmelt

Toen Paul nog door de gangen van het Kopfermann Institut te Göttingen sjeesde, liep daar een jonge student en einzelgänger rond. Deze Hans Dehmelt, eigenlijk wel de kleurrijkste figuur van het Nobelprijstrio, is inmiddels 67. Dehmelt werd gegrepen door de nieuwe mogelijkheden om één enkel geladen deeltje op te sluiten en te manipuleren. Hij droomde van spectroscopische precisiemetingen, van macroscopische quantummechanica en van spin-flips. Zijn dromen heeft Dehmelt uitgewerkt na zijn emigratie naar de VS, waar hij nu een leerstoel bekleedt te Seattle. Dehmelt is de antipode van Ramsey, een excentriek persoon die ver vooruit loopt en daarom problemen heeft om geld en erkenning te vinden. Hij is een enorm creatief persoon, die inspireert en innoveert, en een overtuigd yoga-beoefenaar. Tijdens conferenties kan men hem vroeg in de ochtend al op zijn kop zien staan.

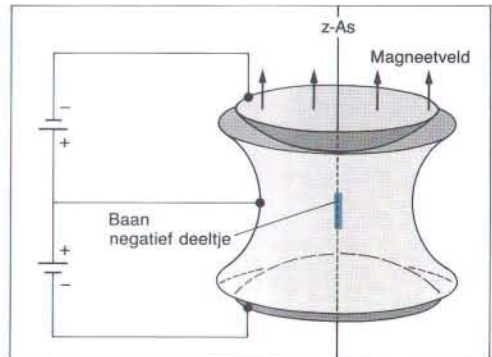
Dehmelt heeft vooral gewerkt aan het opsluiten van elektronen en ionen. In het begin werkte hij met Penningvallen (zie afb. 10), waarbij hij de stabiliteit langs de z-as verkreeg



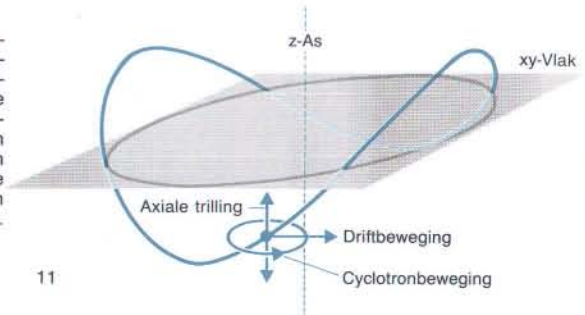
9

9. Dehmelt wist losse bariënen stabiel op te sluiten. Met laserfluorescentie kon hij ze voor het blote oog zichtbaar maken. Het pijltje wijst het ingevangen ion aan; de plaatjes rechts zijn vergrotingen van één, twee en drie opgesloten ionen.

10, 11 en 12. In een Penningval (10) en een Paulval (12) voert een opgesloten deeltje een grappige beweging met drie componenten uit: een grote en een kleine cirkelbaan en een trilling parallel aan de z-as. Dehmelt voerde zijn proeven in zulke vallen uit.



10



11

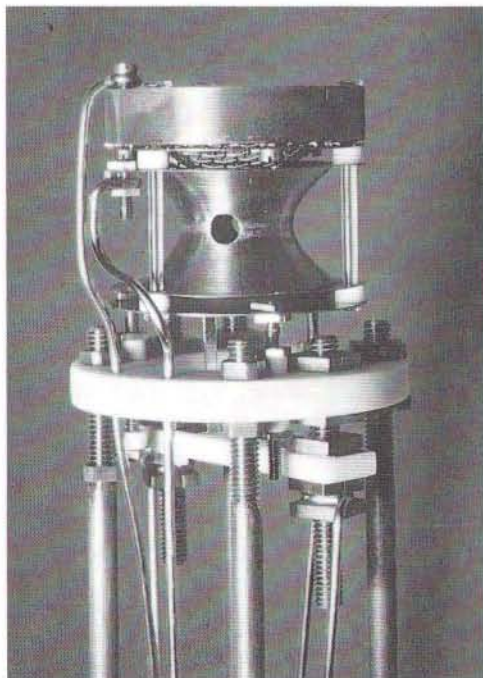


door statische elektrische velden tussen de hyperbole elektrodes zoals in de Paulval. De stabiliteit in het xy-vlak realiseerde hij met een magnetisch veld langs de z-as. Geladen deeltjes voeren een grappige beweging uit in deze opstelling: een cyclotronbeweging rondom de z-as, een axiale trilling langs de z-as en een langzame driftbeweging weer rondom de z-as met de zogenaamde magnetronfrequentie. Al deze bewegingen kunnen met quantumgetallen worden gespecificeerd. Ze leiden, via spiegelbeeldladingen in de elektrodes, tot zeer zwakke stromen tussen de elektrodes. Daar kon Dehmelt zijn waarnemingen aan doen. Het aardige van de Penningval is dat, weer via de spiegelbeeldladingen, de bewegingen van de opgesloten deeltjes op hun beurt door elektrische stromen kunnen worden beïnvloed. Zo zijn de bewegingen sterk te vertragen — de deeltjes worden afgekoeld — zodat hun banen afmetingen in de orde van micrometers of nog minder krijgen. Dehmelt stookte ze soms ook op, zodat ze uit de 'fles' verdampen.

Al vroeg onderkende Hans Dehmelt de mogelijkheid om met lasers de enkelvoudige ionen in een Penning- of Paulval te beïnvloeden.

Het gedrag van één en enkele  $Ba^+$ -ionen heeft hij met het blote oog kunnen volgen door ze met een laser te laten fluoresceren (zie afb. 9). Dit soort experimenten heeft Dehmelt in eerste instantie tijdens een sabbatical leave in de Bondsrepubliek moeten uitvoeren, omdat hij dit project in de Verenigde Staten niet gefinancierd kon krijgen. Dat is nu wel anders, opgesloten ionen zijn 'in' en uit Dehmelts dromen zijn realiteiten voortgekomen.

Het is jammer dat deze drie kanjers zo lang op hun Nobelprijs hebben moeten wachten. De reden voor dit lange uitblijven kan zijn, dat zij hun ontdekkingen deden in een gebied van de fysica dat door een deel van de fysische gemeenschap als weinig spectaculair en afgegraasd werd beschouwd. Gelukkig is wat dit betreft het tij gekeerd. Bovendien blijken hun vindingen ook van praktisch belang. De signalen bijvoorbeeld die de Voyager vanaf de rand van ons zonnestelsel naar de Aarde zendt, zijn zo zwak, dat antennes uit verschillende werelddelen met elkaar gekoppeld moeten worden om een goed signaal te krijgen. Zonder de hoge nauwkeurigheid van de atoomklok is die koppeling onmogelijk.



#### Literatuur

- Ramsey NF. *Molecular Beams*. Oxford University Press, 1956.  
 Jong G de Hyperfijne tijdmeter. *Natuur en Techniek* 1988; 56: 12, 994-1005.  
 Goss Levi B. *Physics Today* 1988; September, pag. 17.  
 Verberne JFC. *Proefschrift*, Katholieke Universiteit Nijmegen, 1979.  
 Waaijer M. *Proefschrift*, Katholieke Universiteit Nijmegen, 1981.  
 Kuipers EW, Tenner MG, Kleijn AW, Stolte S. *Ex orientatione lux*. *Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde* 1989; B55, pag. 129.

#### Bronvermelding illustraties

- AP, Amsterdam: pag. 926 en 927 (onder)  
 RBP press, Amsterdam: pag. 927 (boven)  
 Van Swindenlaboratorium, Delft: 5  
 Leybold BV, Woerden: 7  
 Rutherford Appleton laboratorium, Didcot, UK: 8  
 Prof dr G. Werth, Mainz, met dank aan prof dr W. Urban, Bonn: 12  
 De overige afbeeldingen zijn afkomstig van de auteurs.

# Ribozymen

Katalysatoren bewerkstelligen efficiënt de vele omzettingen van stoffen die plaatsvinden in onze cellen voor onderhoud en uitoefening van specifieke functies. Tot voor kort viel uit elk biochemisch leerboek op te maken dat uitsluitend eiwitten (enzymen) de katalyse verzorgen. Sinds het begin van de jaren tachtig is dit dogma onderuit gehaald door het baanbrekende onderzoek van Cech en Altman en is tot veler verrassing duidelijk geworden dat ook sommige RNA-molekullen met katalytische eigenschappen zijn begiftigd. Zulke RNA-enzymen heten ribozymen en het voorkomen ervan werpt nieuw licht op de rol die RNA-molekullen bij verschillende andere processen zouden kunnen spelen, zoals in de eiwitsynthese of bij de evolutie van macromolekullen. Beide onderzoekers werkten aan verschillende biologische systemen en deden min of meer tegelijkertijd de ontdekkingen waarvoor ze nu de Nobelprijs hebben verworven.



● NOBELPRIJS SCHEIKUNDE 1989





Thomas Cech (rechts) en Sidney Altman ontvingen de Nobelprijs scheikunde voor hun ontdekking dat ook sommige RNA-molekullen katalytische eigenschappen bezitten. Cech verrichtte zijn onderzoek aan het RNA uit *Tetrahymena*, een eencellig diertje, dat zich op de foto juist aan het delen is.

**H.F. Tabak**  
Laboratorium voor Biochemie  
Universiteit van Amsterdam

**C.W.A. Pleij**  
Gorlaeus Laboratoria  
Rijksuniversiteit Leiden

## Reactieve introns

In tegenstelling tot de, prokaryote, bacteriën, bevindt het erfelijk materiaal bij eukaryote organismen zich in een celkern. Verder verschillen eukaryoten van prokaryoten doordat coderende stukken DNA, de zogenaamde *exons*, in eukaryote genen vaak worden afgewisseld met niet-coderende stukken, de *introns*. Komt zo'n *gespleten gen* tot expressie dan wordt hiervan eerst in zijn geheel een RNA-kopie gemaakt, het *precursor-RNA*. Dit RNA bevat nog introns die moeten worden verwijderd om de functionele messenger-, transfer- en ribosomale RNA's te vormen. Het proces van herrangschikking tot louter uit exons bestaande molekulen heet *RNA-splicing*.

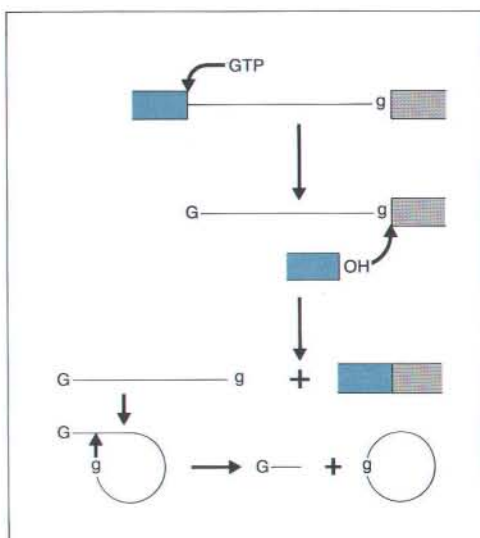
Vele onderzoeksgroepen stortten zich op de opheldering van dit interessante proces, natuurlijk met het oogmerk om de enzymen te isoleren en te karakteriseren die voor RNA-splicing verantwoordelijk zijn. Tom Cech en medewerkers, verbonden aan de universiteit van Boulder in de Verenigde Staten, bestudeerden RNA-splicing aan de hand van een gespleten gen dat voorkomt in het DNA van een eencellig organisme, *Tetrahymena*. Het bewuste gen codeert voor een RNA dat deel uitmaakt van ribosomen en bevat slechts één intron. Uit *Tetrahymena*-cellen zuiverden de onderzoekers het ribosomaal precursor-RNA en incubeerden dit vervolgens in een extract van geïsoleerde kernen. Het doel van deze experimenten was om de verwijdering van het intron uit het precursor-RNA te volgen en de enzymen te zuiveren, die daarbij een rol zouden spelen. Het intron werd echter niet alleen uit het precursor-RNA geknipt in aanwezigheid van het kernextract maar ook in de afwezigheid daarvan: het controle-experiment, dat elke goede biochemicus in zijn proeven inbouwt, bevatte geen kernextract, maar gaf desalniettemin een positief resultaat.

In 1981 stelde Cech vervolgens vast dat het precursor-RNA het intron inderdaad kwijtraakte, maar nu in een reactiemengsel dat alleen uit een combinatie van enkele zouten en een guanosinenucleotide bestond. Met andere woorden: het precursor-RNA droeg zelf zorg voor de verwijdering

van het intron, een verschijnsel dat *RNA-self-splicing* werd gedoopt (afb. 1). De wetenschappelijke wereld was aanvankelijk niet zo snel te overtuigen, immers een banale misser of een revolutionaire ontdekking zijn in het begin soms moeilijk van elkaar te onderscheiden. De wijze waarop Cech het onderzoek volgend op deze min of meer bij toeval gedane ontdekking gestalte heeft gegeven is echter imponerend.

Met behulp van bacterieel RNA-polymerase, een enzym dat de nucleotiden tot het ribonucleïnezuur aaneenrijgt, synthetiseerde de

1. De verwijdering van het intron (getrokken lijn) uit het precursor-RNA van *Tetrahymena* begint met een aanval van guanosinetrifosfaat (GTP) op het 5' uiteinde van het intron. In een volgende stap worden de exons (blokken) met elkaar verbonden. Het vrijgekomen lineaire intron circulariseert tenslotte.



1

groep van Cech het precursor-RNA *in vitro* uit de losse bouwstenen. Het hiervoor benodigde matrijs-DNA had men met recombinant-DNA-technieken uit *Tetrahymena* gekloneerd en vermeerderd in *Escherichia coli*. In plaats van het RNA te isoleren, liet men het dus namaken in een reageerbuis. Door te demonstreren dat nu ook selfsplicing optrad kon onduidelijk worden uitgesloten dat bij de eerste experimenten een *Tetrahymena*-eiwit als hardnekkige verontreiniging in het RNA-preparaat was achtergebleven en verantwoordelijk was geweest voor de waargenomen splicing.

Tevens kwam aan het licht dat niet het volledige precursor-RNA voor de selfsplicing nodig is. Voor de verwijdering van het intron blijken alleen het intron-RNA en de direct aangrenzende nucleotidevolgorden van de exons voldoende. Het intron knipt zich zelf uit het precursor-RNA. Door interne baseparing kan de RNA-draad zich opvouwen en een ruimtelijke structuur aannemen die nodig is om de intron-exon grenzen te herkennen, te knippen en de exons met elkaar te verbinden (afb. 2, 3). Op dit moment zijn vele onderzoeksgroepen, waarvan sommige inmiddels worden geleid door Cechs leerlingen, druk doende deze ruimtelijke structuur te analyseren in de verwachting meer van het mechanisme van RNA-katalyse te begrijpen.

De toekenning van een Nobelprijs wil nog

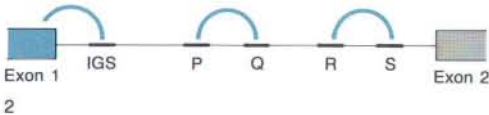
wel eens enige commotie in de wetenschappelijke wereld teweegbrengen. Cech heeft vroeg in zijn carrière de cruciale ontdekking gedaan en in minder dan tien jaar het bekroonde onderzoek uitgevoerd. Andere winnaars hebben wel eens langer op hun prijs moeten wachten. Toch is iedereen in het vakgebied het ditmaal volledig met de keuze eens. Natuurlijk omdat het onderzoek volgend op de oorspronkelijke ontdekking van grote intellectuele diepgang en originaliteit getuigt, maar ook omdat Cech een innemend mens is. Op congressen kunnen ook de mindere goden altijd bij hem terecht en is hij bereid om mee te denken met andere onderzoekers zonder naast zijn schoenen te zijn gaan lopen op grond van de vele erkenning die hem inmiddels ten deel viel.

### RNA-katalysatoren

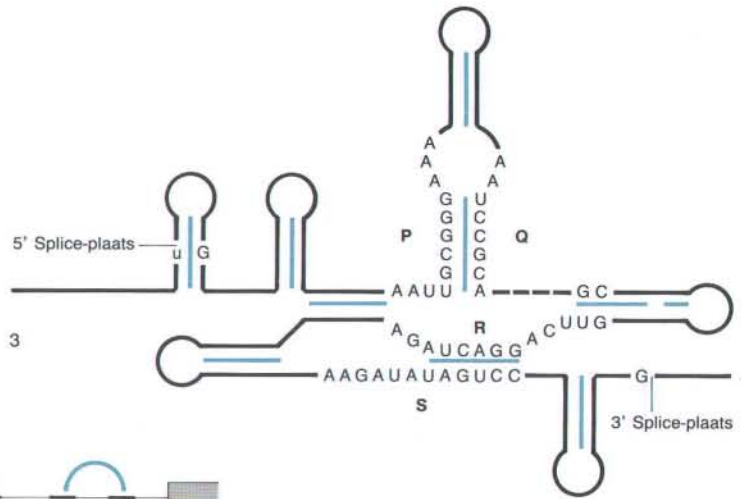
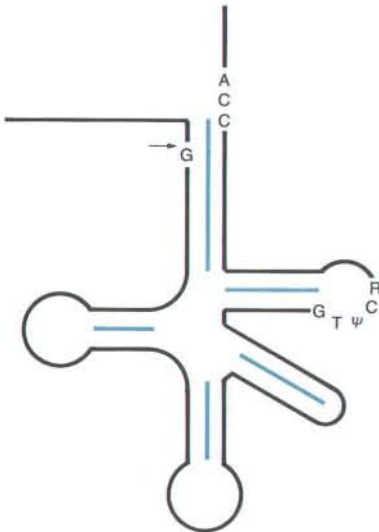
Sidney Altman van de universiteit van Yale in de Verenigde Staten werkte een groot deel van zijn wetenschappelijke carrière aan één en hetzelfde onderwerp: het enzym RNase P, een *ribonuclease*. Als zodanig is het op een lijn te stellen met enzymen als RNase H, RNase T1 of het meer bekende RNase A, die alle betrokken zijn bij de *processing* en afbraak van RNA-molekulen. Het RNase P heeft een heel speciale, nauw omschreven functie bij de biosynthese van transfer-RNA's (tRNA's). tRNA-



2, 3. Het Tetrahymena-intron (2) vouwt zich op en neemt een ruimtelijke structuur aan doordat bepaalde nucleotidevolgorden van het intron met elkaar kunnen baseparen, bijvoorbeeld P met Q, R met S en IGS met een exonrand. Deze structuur maakt de selfsplicing-reactie van het RNA mogelijk. Tot nu toe is alleen de vouwing in twee dimensies enigszins redelijk vastgesteld (3).



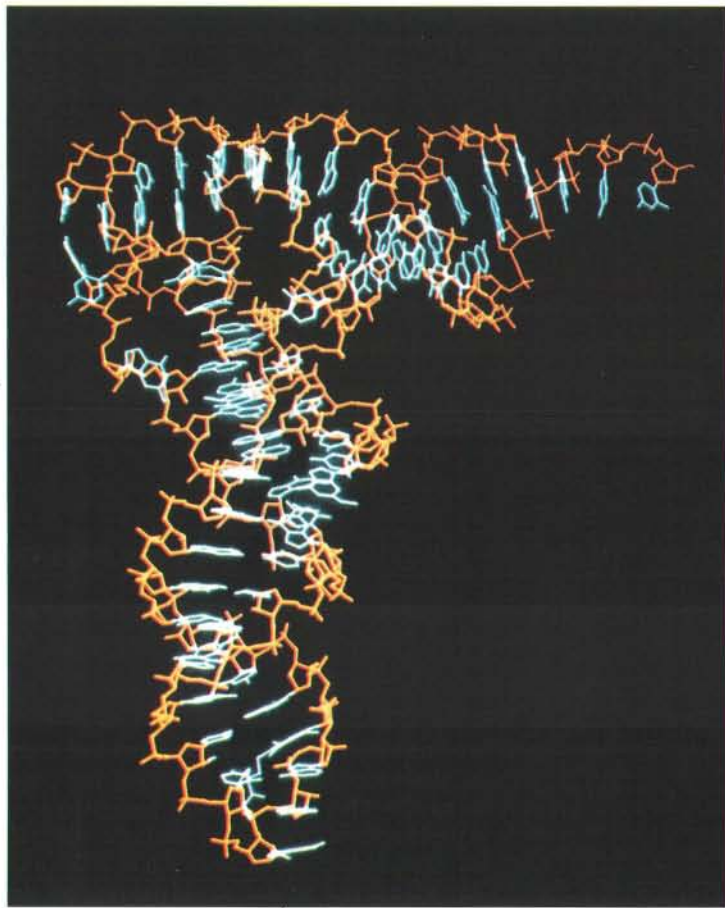
4. De pijl geeft de plaats aan waar het RNase P in een precursor tRNA knipt. De klaverbladstructuur vanaf de guanosinenucleotide (G) tot en met de CAA-volgorde stelt het rijpe tRNA voor.



molekullen worden als langere precursor-RNA-ketens gesynthetiseerd met een voor- en achterstuk. Uit deze lange transcripten wordt dan vervolgens het tRNA-molecuul geknipt en op maat gesneden. In deze processing of rijping knipt het RNase P het voorstuk van de precursor af wat het correcte 5' uiteinde van het tRNA oplevert (afb. 4). Het aldus verkregen, kortere precursor-tRNA moet dan nog het achterstuk verliezen wil het zijn biologische functie kunnen uitoefenen – tRNA's verzorgen de aanvoer van aminozuren bij de eiwitsynthese die plaatsvindt aan een complex met ribosomen en messenger-RNA.

Altman was al sinds het begin van de jaren zeventig geïntrigeerd door de vraag hoe dit enzym het voor elkaar kreeg om al die verschillende nucleotidevolgordes op dezelfde plaats in verschillende precursor-tRNA's te knippen. Het onderzoek kreeg een boeiende wending toen Altman in 1978 aantoonde dat het RNase P dat hij uit de darmbacterie *Escherichia coli* zuiverde, uit twee verschillende componenten bestaat. Het enzym is een complex van een relatief klein, als C-5 aangeduid eiwit en een RNA-molecuul met een lengte van 377 nucleotiden en een moleculuulmassa die ruwweg tienmaal groter is dan van het C5-eiwit.

Aankankelijk was veel moeite gedaan om de RNA-component, die toen nog als een verontreiniging werd beschouwd, te verwijderen.



5

Altman kan nu smakelijk vertellen hoe een student daar indertijd zijn tanden op stukbeet. Maar de verwijdering van het RNA leidde iedere keer weer tot verlies van de activiteit. Het C5-eiwit alléén bleek niet in staat het precursor-tRNA te klieven. Slechts wanneer het verwijderde RNA weer werd toegevoegd aan het C5-eiwit wilde de reactie verlopen.

De vondst van de functionele RNA-component, die de naam *M1-RNA* kreeg, was weliswaar verbazingwekkend maar conceptueel niet uitzonderlijk. Vele andere eiwitten kunnen immers hun katalyserende rol pas vervullen wanneer een zogenaamde *cofactor* aanwezig is. — Cofactoren, zoals NADH, ATP of van vitaminen afgeleide molekulen, leveren elektronen of bepaalde functionele groepen aan die bij de gekatalyseerde reactie worden overge-

dragen. — De grote verrassing kwam echter in 1983, toen Altman en zijn medewerkers in het tijdschrift *Cell* rapporteerden dat het M1-RNA alléén, dus zonder hulp van het C5-eiwit, in staat was om het precursor-tRNA te knippen. Wel was voor het verlopen van deze reactie een aanzienlijk hogere zoutconcentratie in de oplossing nodig dan in het geval van het RNase P, het complex van C5-eiwit en M1-RNA.

5. De driedimensionale structuur van tRNA uit gist dat specifiek is voor het aminozuur fenylalanine, is opgehelderd met behulp van röntgendiffractie. In blauw zijn de 76 basen weergegeven en in bruin de suiker-fosfaatruggegraat.



6

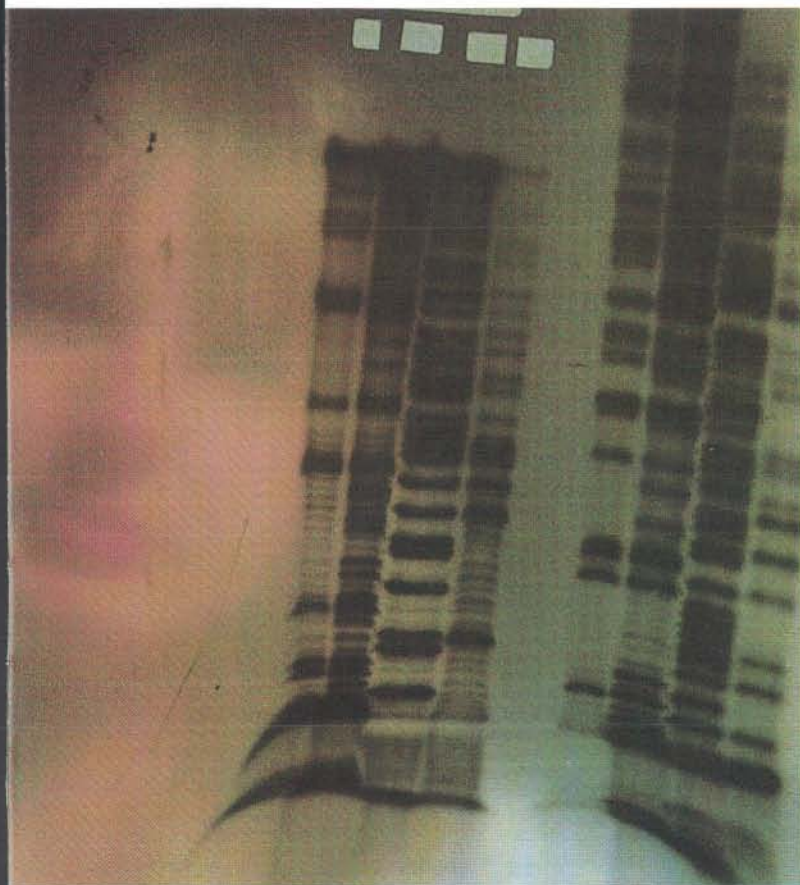


Door de vele fosfaatgroepen draagt een RNA-molekuul een grote negatieve lading die leidt tot een elektrostatische afstoting van andere RNA-molekulen. Wil nu een onderlinge interactie van RNA's tot stand komen, dan moet deze afstoting worden opgeheven. Vermoedelijk vervult het C5-eiwit deze functie in RNase P en neemt het zout deze over in de reactie met alleen M1-RNA. Hoe het ook zij, het was duidelijk geworden dat de katalytische activiteit was gelegen in het RNA en niet in het eiwit.

Het M1-RNA bezat ook alle kenmerken van een katalysator: het versnelde de klievingsreactie aanzienlijk, kon meerdere precursor-tRNA-molekulen na elkaar knippen en het kwam zelf onveranderd uit de reactie te voorschijn. Hiermee had Altman als eerste een RNA-enzym of *ribozym* beschreven dat aan alle voorwaarden

van een klassiek enzym voldeed. Kort daarop lukte dit ook aan Cech door het Tetrahymena-intron om te bouwen tot een RNA met verschillende enzymatische activiteiten. De reactie van selfsplicing voldoet namelijk niet aan de eisen van een katalytische reactie, omdat het intron zichzelf maar één keer uit het precursor-RNA knipt en in een nieuw gedaante uit de reactie komt.

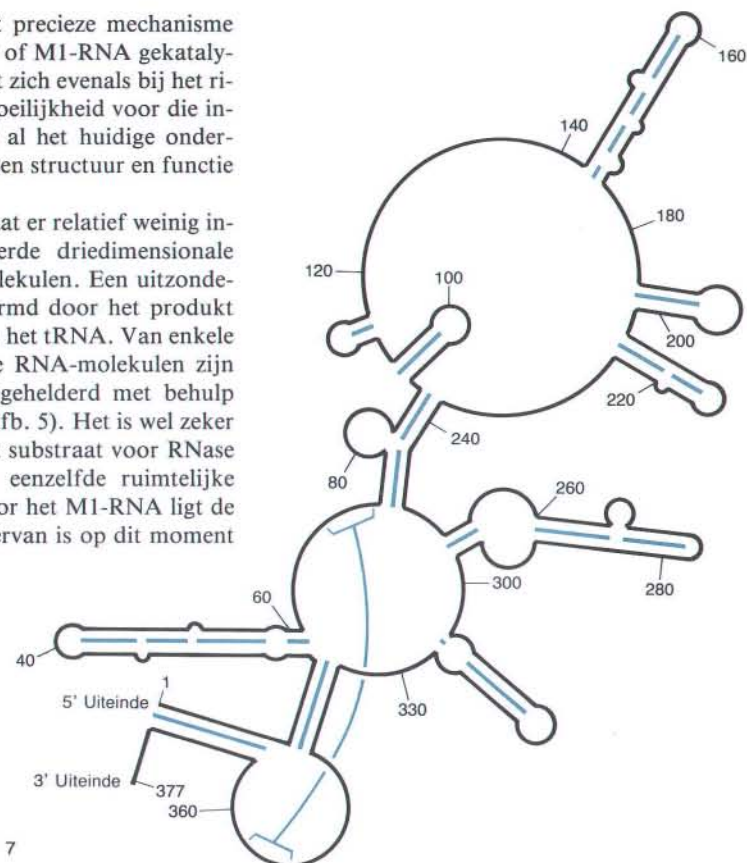
Ook in het geval van Altman zou men kunnen stellen dat hij een gelukkige hand heeft gehad in de keuze van zijn object van onderzoek, maar dat neemt niet weg dat men de consequente en elegante wijze moet bewonderen waarmee hij dit resultaat bereikte. Zijn onderzoek laat ook fraai zien hoe een werkelijk nieuw concept onontkoombaar uit een logisch opgebouwde reeks van experimenten voortvloeit. Het recente onderzoek van Altman be-



6. Met behulp van speciale sequentiertechnieken is de volgorde van nucleotiden in RNA of DNA te bepalen. Hierbij kan men gebruik maken van radioactief gemerkte nucleotiden die aanleiding geven tot de zwarting op een fotografische plaat.

treft de vraag naar het precieze mechanisme van deze door RNase P of M1-RNA gekatalyseerde reactie. Hier doet zich evenals bij het ribozym van Cech een moeilijkheid voor die intrinsiek is voor vrijwel al het huidige onderzoek naar de relatie tussen structuur en functie van RNA.

In het algemeen bestaat er relatief weinig inzicht in de gedetailleerde driedimensionale structuur van RNA-molekelen. Een uitzondering wordt echter gevormd door het produkt van de RNase P-reactie: het tRNA. Van enkele van deze relatief kleine RNA-molekelen zijn de kristalstructuren opgehelderd met behulp van röntgendiffractie (afb. 5). Het is wel zeker dat in de precursor, het substraat voor RNase P, het tRNA-gedeelte eenzelfde ruimtelijke vouwing aanneemt. Voor het M1-RNA ligt de zaak echter anders. Hiervan is op dit moment



slechts één, zij het zeer betrouwbare, tweedimensionale structuur voorhanden, die slechts aangeeft welke nucleotiden in de RNA-keten met elkaar baseparen (afb. 7).

Het lijkt geen twijfel dat de wijze waarop de beide molekulen zich in de ruimte vouwen, de interactie tussen het M1-RNA en zijn substraat bepaalt. Altman en anderen onderzochten deze interactie door op systematische wijze veranderingen aan te brengen in zowel het M1-RNA als de tRNA-precursor. Uit dit recente werk kwam naar voren, dat het katalytisch centrum in het ribozym wordt gevormd door delen van het M1-RNA die op de lineaire keten ver uit elkaar liggen, een situatie die voor eiwit-enzymen heel gebruikelijk is. Wil men zijn inzicht in RNA-katalyse kunnen verdiepen, dan is de opheldering van de gedetailleerde driedimensionale structuur van dit en andere ribozymen gewenst.

7. Het model van de secundaire structuur van het M1-RNA uit *Escherichia coli* geeft aan welke van de 377 nucleotiden met elkaar baseparen. Het blijkt dat RNA-molekelen die deel uitmaken van RNase P in andere bacteriën, in essentie op dezelfde wijze kunnen worden opgevouwen ondanks grote verschillen in de nucleotidevolgorde. Het is niet precies bekend waar het te knippen precursor-tRNA aan dit M1-RNA bindt.

8. Op 30 mei 1988 ontving Thomas Cech uit handen van Prins Claus de Heineken-prijs. Deze is meer dan eens aan een latere Nobelprijswinnaar uitgereikt.





Het werk van Cech en Altman heeft een brede uitstraling naar andere terreinen van de moleculaire biologie. Zo blijkt RNA-katalyse bijvoorbeeld niet beperkt tot het Tetrahymena-intron of het RNase P. Introns in het DNA van mitochondriën uit sommige gisten en van chloroplasten uit planten blijken ook te kunnen 'selfsplicen'. Voorts komen selfsplicing introns voor waarvan het mechanisme van intronverwijdering duidelijk verschilt van die van het Tetrahymena-intron en zijn bij planten kleine infectieuze RNA's, *viroiden*, gevonden die zich vermenigvuldigen via een door henzelf gekatalyseerd proces. Ook van viroide-achtig RNA dat hepatitis veroorzaakt bij de mens, verwacht men een dergelijke eigenschap aan te zullen treffen.

Dit betekent dat de rol van sommige RNA's vanuit een nieuw perspectief kan worden gezien, met name de rol van RNA-componenten die voorkomen in ribonucleoproteïne-partikels, *snRNP's*, en van RNA's die deel uitmaken van ribosomen. De eerste vervullen een functie bij het splicing-proces van precursor-messenger-RNA's in de kern, de tweede bij de synthese van eiwitten.

Ook onze beeldvorming van het ontstaan van macromolekulen in de prebiotische fase van de evolutie op aarde kreeg nieuw leven ingeblazen door de ontdekking van Cech en Alt-

man. Door genuanceerde veranderingen aan te brengen in het Tetrahymena intron-RNA heeft Cech het intron afwijkende reacties laten uitvoeren. Sommige daarvan zijn uiterst verrassend en hebben breed de aandacht getrokken. Het veranderde intron-RNA maakt bijvoorbeeld van eenvoudige stukjes RNA met een lengte van vijf cytosinenucleotiden ( $C_5$ ) molekulen die uit meer dan 30 van zulke bouwstenen ( $C_{30}$ ) bestaan. Dit lijkt op een primitieve RNA-duplicatiereactie en legt voor RNA een hoofdrol weg bij de afweging welk macromolekuul er het eerst was: DNA als informatiedrager, eiwit dat reacties kan katalyseren of RNA dat als drager van erfelijke informatie kan fungeren maar waarvan we nu weten dat het ook katalytische eigenschappen kan bezitten.

Zelfs mogelijke toepassingen die uit dit sterk fundamentele onderzoek voortvloeien, worden reeds verkend. Cech heeft laten zien dat het Tetrahymena-intron na enige 'chirurgische' ingrepen bereid is een ander RNA te knippen, bijvoorbeeld het messenger-RNA dat codeert voor een deel van het zuurstofbindende eiwit hemoglobine. Het moet dus mogelijk zijn om de specificiteit van het intron zo te veranderen dat dit ongewenste RNA's, zoals bijvoorbeeld een van een oncogen afkomstig messenger-RNA, verknijpt.



#### Literatuur

- Danchin A en Slonimki P. Gespleten genen. *Natuur en Techniek* 1985; 53: 6, 436-445.  
 Hochstenbach PFR, Kremer MJM en Miedema K. De zwijgende meerderheid in het DNA. *Natuur en Techniek* 1989; 57: 8, 630-639.  
 Tabak HF. RNA-katalyse - Het eerst ontstaan, het laatst ontdekt. *Natuur en Techniek* 1986; 54: 12, 954-963.  
 Pannekoek H. RNA-synthese in de cel - Een kwestie van vraag en aanbod. *Natuur en Techniek* 1982; 50: 2, 122-141.

#### Bronvermelding illustraties

- D.J. Patterson/SPL, London: 934-935.  
 The Associated Press, Amsterdam: 934, 935.  
 Hoffman-La Roche, Nutley, New York, USA: 6.  
 Capital Press, Amsterdam: 8.

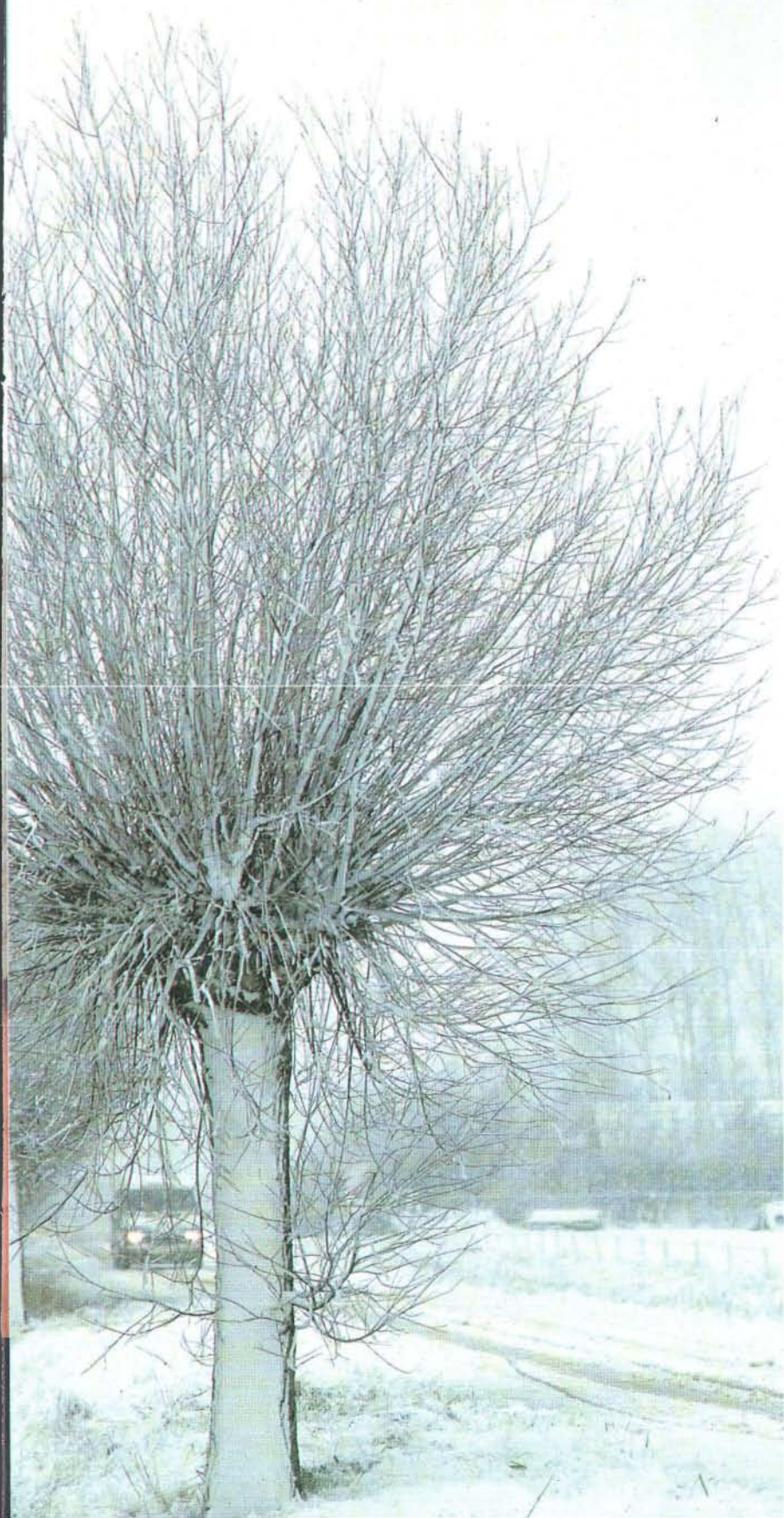
A.G. Welleman  
Hoofddirectie Rijkswaterstaat  
's-Gravenhage

# WINTER OP DE WEG

Aan het verkeer deelnemen is in veel situaties een ingewikkelde bezigheid, in het bijzonder bij ongunstige weersomstandigheden. Zodra de ganzen zuidwaarts trekken is er weer kans op mist, sneeuw en wintergladheid. Deze verschijnselen komen vaak voor bij schemer en duisternis. Die combinatie maakt verkeersdeelname dan extra moeilijk. Ook van de wegbeheerder vraagt de toestand van het wegdek 's winters veel aandacht. Door sneeuw en ijs is het oppervlak ervan regelmatig glad, wat een vlotte en veilige afwikkeling van het verkeer bemoeit. In dit artikel gaat de aandacht uit naar het ontstaan, het detecteren en het bestrijden van wintergladheid.









Het klimaat is er de oorzaak van dat het wegdek onafgebroken aandacht vraagt van de wegbeheerder. 's Zomers hoopt zonnewarmte zich op in verhardingen van asfaltbeton. Die worden daardoor week, en onder druk van autobanden ontstaan dan vervormingen van het wegdek. Rijsporen zijn daarvan een voorbeeld. Door hoge temperaturen daalt ook de stroefheid van het oppervlak van zulke verhardingen. Deze veranderingen leiden bij regen tot overlast door opspattend en opstuivend water en tot een verhoogde kans op slippen.

Maar het is vooral de winter waar wegbeheerders en verkeersdeelnemers elk jaar weer tegenop zien. De wegbeheerder omdat de toestand van het wegdek dan minder goed onder controle te houden is. Weggebruikers omdat ze met gladheid geconfronteerd kunnen worden. Bijvoorbeeld als er tijdens de bietencampagne klei op een polderweg ligt. Ook gladde trottoirs leveren veel problemen op, vooral voor hen die toch al slecht ter been zijn. Fietzers vallen vaak, onder andere als gevolg van (bevroren) sneeuw op wegen en fietspaden.

Meer spectaculair zijn de gevolgen van de winter voor het autoverkeer. Het begint al tijdens de najaarsdagen waarop het mistig is. Steeds weer passen chauffeurs hun rijsnelheid onvoldoende aan, en dat resulteert dan op de volle autosnelwegen soms in massale kettingbotsingen met doorgaans, wonderwel, slechts enorme materiële schade. Vervolgens ontstaan er lange files. De wegbeheerder staat vrijwel machteloos tegenover automobilisten die bij mist te hard rijden of te weinig afstand houden.

### Wintergladheid

Om te remmen, te versnellen of van koers te veranderen moeten wrijvingskrachten worden uitgeoefend tussen de banden van een voertuig en het wegdek. Gebeurt dat niet, dan kan er geen sprake zijn van snelheids- of koersverandering en blijft een eenmaal ingezette beweging in stand. De krachten zijn evenwijdig aan de rijrichting bij remmen of versnellen en dwars daarop gericht bij sturen. Voor een goede overdracht van de krachten is een stroef wegdek nodig. Een droog wegdek is vrij wel steeds stroef genoeg, maar een nat wegdek is dat lang niet altijd. Als er water op de weg staat en de rijsnelheid hoog is, kan er een wa-



1

terlaagje ontstaan tussen band en wegdek. Dat laagje kan geen wrijvingskrachten overdragen en de band glijdt er overheen. Dit verschijnsel heet *aquaplaning*. Al bij rijsnelheden vanaf 80 km per uur kunnen daar slipongevallen door ontstaan.

Als zich op het wegdek bevroren water bevindt spreken we van wintergladheid. Ook hierbij zijn de wrijvingskrachten die tussen band en ijslaagje kunnen worden overgebracht, verwaarloosbaar klein. Een belangrijk verschil met *aquaplaning* is dat uitglijden op ijs bij elke snelheid mogelijk is; zelfs vanuit stilstand, zoals soms blijkt op bolle grachtenbruggetjes. Een ander verschil met *aquaplaning* is dat wintergladheid onverwacht en plotseling kan optreden. Wie bij hevige regenval met hoge snelheid rijdt, behoort te weten dat de kans op een slip bij krachtig remmen of bij een plotselinge stuurbeweging aanzienlijk is. Met wintergladheid kan men echter volkomen onverwacht worden geconfronteerd. De weg kan zeer plaatselijk glad zijn en bovendien kan de gladheid binnen enkele seconden ontstaan, met name als het begint te ijzelen.

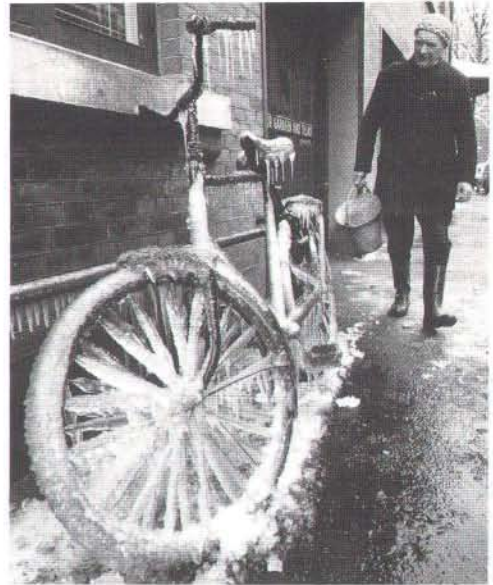
Voor de weggebruiker is het een extra probleem dat hij vaak moeilijk kan constateren of er sprake is van wintergladheid. Als een wegdek nat is zie je dat onmiddellijk, maar het





1. Door onverantwoord weggedrag, te hard rijden en te weinig afstand bewaren, ontstaan bij mist regelmatig kettingbotsingen. Een enorme ravage is vrijwel steeds het gevolg.

2. Soms maakt de winter het onmogelijk om aan het verkeer deel te nemen. Vooral ijzel is berucht.



2

verschil tussen een meestal ongevaarlijk dun laagje water, of een soms levensgevaarlijk laagje ijs is doorgaans niet waar te nemen. Het zijn dan ook niet per se de onvoorzichtige weggebruikers, die brokken maken als gevolg van wintergladheid.

### Sneeuw en ijs

Wintergladheid kan op veel manieren ontstaan. Weggebruikers nemen sneeuw, hagel en ijsregen duidelijk waar. Gladheid die daar het gevolg van is is dan ook betrekkelijk ongevaarlijk, omdat de verkeersdeelnemers er hun gedrag op af kunnen stemmen. Vooral sneeuw leidt meer tot hinder dan tot echt gevaarlijke situaties.

Gladheid als gevolg van ijzel is veel gevaarlijker. IJzel ontstaat in overgangperiodes van vorst naar dooi en omgekeerd, als onderkoelde regendruppels een wegdek raken, waarvan de temperatuur onder of net boven nul is. IJzel ontstaat ook als niet onderkoelde druppels op een wegdek vallen waarvan de temperatuur flink beneden nul is. De zeer gladde ijslaag legt het verkeer totaal lam. Verraderlijke situaties ontstaan ook als mist neerslaat, of als waterdamp direct condenseert op een wegdek met een temperatuur beneden het vriespunt.

Een veel voorkomende oorzaak van gladheid is het bevroren van een nat wegdek. De wegbeheerder kan deze vorm tamelijk goed voorspellen. Daardoor is het meestal mogelijk de weggebruikers er tijdig voor te waarschuwen, via weerberichten op radio en televisie.

De mate waarin deze vormen van wintergladheid in Nederland en België voorkomen, is sterk afhankelijk van de plaats. In Noordoost-Nederland en in de Ardennen is het aantal vorstdagen groter en valt er meer sneeuw dan langs de Noordzeekust. Door de invloed van de Noordzee op het klimaat schommelt de temperatuur in beide landen 's winters langdurig rond het vriespunt. Vaak treed 's nachts afkoeling op tot onder het vriespunt, waarna de zon overdag weer voor opwarming zorgt. In onze contreien is het daardoor vaak moeilijk voorspelbaar waar en wanneer wintergladheid de kop op zal steken. En eer men er enigszins aan gewend raakt is de gladheid alweer verdwenen.

### Gladheid opsporen

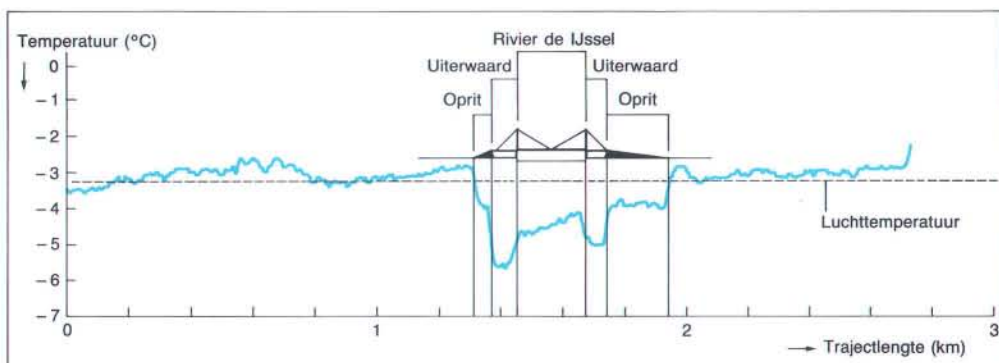
Om te voorkomen dat weggebruikers plotseling met gladheid worden geconfronteerd, wil de wegbeheerder kunnen voorspellen waar en wanneer gladheid zal optreden. De weersvoor-

spellingen van de landelijke meteorologische instituten geven hem een eerste aanwijzing of er in zijn regio kans is op bepaalde vormen van gladheid. Als die kans er is wordt het personeel en het materieel in staat van paraatheid gebracht. Door een regelmatige inspectie van de plaatsen die doorgaans het eerst glad worden, kan men zodra gladheid optreedt met de bestrijding ervan beginnen.

Deze werkwijze is echter arbeidsintensief en niet steeds betrouwbaar. De kantonniërs – wegwerkers die zijn belast met het onderhoud van een stuk van een grote weg – gaan soms af op plaatsen waar doorgaans de eerste slipongevallen gebeuren. Meestal zijn dat plaatsen waar de automobilisten van koers of snelheid veranderen, zoals bochten, op- en afritten en in- en uitvoegstroken. Maar het kan elders al eerder glad zijn. Doorgaans is dat waar het oppervlak van de weg het koudst is. Met behulp van een infraroodthermometer op een auto of

vlak lager is dan het vriespunt van het water op het wegdek. Globaal ligt dat vriespunt bij  $0^{\circ}\text{C}$ , maar als gevolg van verontreinigingen of reeds gestrooid zout kan het lager zijn. De aanwezigheid en de samenstelling van vocht op de weg wordt afgeleid uit de elektrische geleidbaarheid. Een droog wegdek geleidt slecht en een nat goed, vooral als het vocht zout bevat. Een wegdek kan vochtig worden door neerslag of door condens. De hoeveelheid neerslag kan eenvoudig worden gemeten. Condensvorming treedt op als de temperatuur van het wegdek lager is dan de luchttemperatuur en daalt tot onder het *dauwpunt* van de lucht. Het dauwpunt is de temperatuur, waarbij het water uit lucht van een bepaalde vochtigheid condenseert. De absolute vochtigheid van de lucht bepaalt dat punt.

Continue meting van de grootheden geeft inzicht in het verloop ervan in de tijd en maakt het mogelijk om te voorspellen wanneer glad-



onder een vliegtuig worden die kritieke plaatsen opgespoord. Op belangrijke wegen worden op die plaatsen steeds vaker detectoren geïnstalleerd, die de gladheid niet alleen constateren maar ook kunnen voorspellen.

Een gladheidsdetector bestaat uit sensoren in het wegdek en een klein weerstation in de berm. De sensoren meten de voornaamste grootheden die gladheid bepalen, te weten de vochtigheid en de temperatuur van het verhardingsoppervlak. Een voorwaarde voor de meest voorkomende vormen van gladheid is dat de temperatuur van het verhardingsoppervlak







4

3 en 4. De brug over de IJssel bij Kampen heeft een stalen brugdek. Daarom is daar bij vorst de kans op gladheid vrij groot. Afbeelding 3 laat de temperatuurverdeling van het wegoppervlak zien, die op een novemberdag met een infraroodthermometer

in een auto werd gemeten. De opritten en de brug zelf zijn duidelijk kouder dan de normale rijbaan weerszijde. Boven de uiterwaarden is het wegdek het koudst: daar ontvangt de brug geen stralingswarmte van de 'warme' rivier.

5 en 6. Gladheidsdetectoren in het wegdek maken het mogelijk dat de wegbeheerder tijdig weet dat er gladheid dreigt. Op de IJsselbrug bij Kampen is het

detectiesysteem gekoppeld aan een automatisch gladheidsbestrijdingssysteem, dat indien nodig een calciumchloride-oplossing over de weg sproeit.

heid zal optreden. De detectoren seinen hun gegevens door naar een centrale computer, die ze vergelijkt met ingestelde criteria. Bij het bereiken van een kritische waarde wordt de dienstdoende ambtenaar gealarmeerd. Deze vraagt dan via een terminal de gegevens van de betreffende detector op. Aan de hand daarvan stelt hij vast of maatregelen gewenst zijn en, zo ja, welke.

### Temperatuurverschillen

De temperatuur van het verhardingsoppervlak varieert voortdurend, vooral door uitwisseling van warmte met de atmosfeer en met de ondergrond, maar ook met langstromende lucht. De warmte die nodig is voor verdamping, dan wel die vrijkomt bij condensatie van water op het wegdek, kan eveneens enige invloed hebben. Overdag wordt ingestraalde zonnewarmte in de verharding en de fundering van de weg opgeslagen. 's Nachts verliest het oppervlak van de verharding warmte door uitstraling. Dat verlies wordt gedeeltelijk gecompenseerd door de toevoer van warmte vanuit de ondergrond.

De nachtelijke daling van de wegdektemperatuur is bij heldere hemel en weinig wind het sterkst. Enerzijds is er dan geen bewolking die



6

de uitstraling belemmert en anderzijds treedt er weinig menging van luchtlagen op, waardoor de meestal wat warmere lucht weinig warmte kan toevoegen aan het koude oppervlak van de weg.

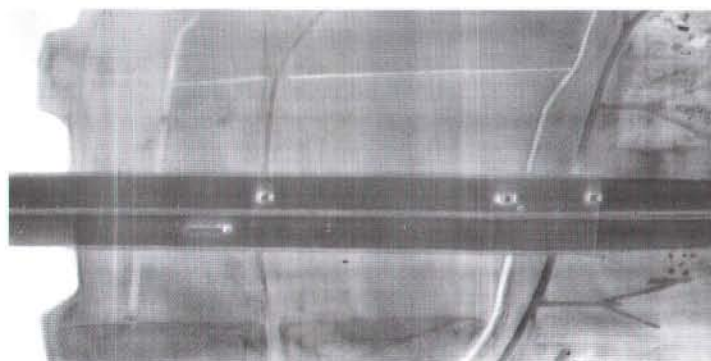
Tussen stukken weg kan de temperatuur van het wegdek verschillen. Die verschillen ontstaan vooral door de mate waarin in- en uitstraling mogelijk is en door de thermische eigenschappen van de verharding en de ondergrond. Direct naast de weg gelegen bosranden, taluds en gebouwen, maar ook viaducten over de weg kunnen een belangrijke invloed op de in- en uitstraling hebben. Dat geldt overdag als schaduw de instraling beperkt, maar ook 's nachts als er door afscherming van een deel van de hemel minder uitstraling is. Het warmtegeleidingsvermogen is een belangrijke thermische eigenschap van een weg en zijn ondergrond. De dikte van de verharding bepaalt grotendeels de hoeveelheid warmte die erin

7 en 8. Al bij het strooien stuift een groot deel van het droog gestrooide zout de berm in. Vrijwel al het natte zout blijft op de weg liggen en doet daar zijn vriespuntsverlagende werk.

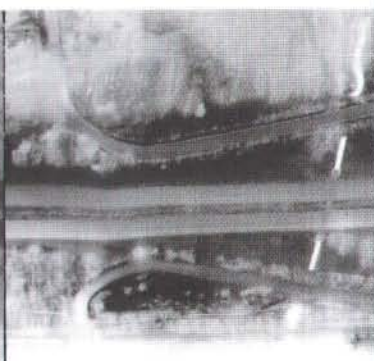
9. Met infraroodopnamen is de temperatuur van het aardoppervlak vast te stellen: hoe lichter, hoe warmer. Geheel links zien we een brug bij Zwolle en het warme IJsselwater. Stralingsobstakels (bomen, taluds en viaducten) hebben een grote invloed op de temperatuur van het wegdek. De donkerste plekken op de afbeelding zijn  $-6^{\circ}\text{C}$ , het water van het slootje in de middelste foto is  $+0,2^{\circ}\text{C}$ .



7



9



10. Niet alle sneeuwschuivers kunnen op smalle fietspaden vooruit. Zo vraagt elk type weg een andere aanpak bij gladheidsbestrijding.

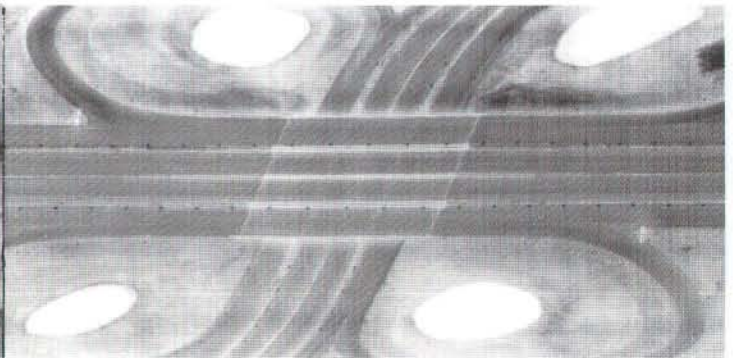
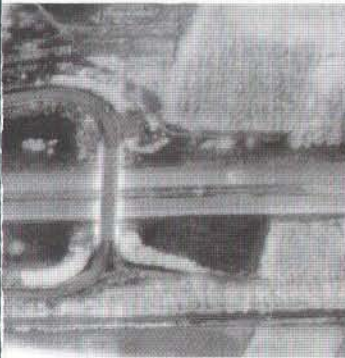


10





8



kan worden opgeslagen. Op een dun wegdek dat slecht warmte geleidt zal dan ook snel gladheid optreden, vooral als het een stuk weg betreft bij de lage winterse zonnestand in de slagschaduw van een talud ligt, waardoor de instraling wel, maar de uitstraling nauwelijks wordt beperkt.

De temperatuurverschillen tussen wegtrajecten zijn tijdens koude nachten doorgaans gering: niet groter dan één tot drie graden Celsius. De grootste afwijkingen treffen we aan in bijzondere situaties, zoals bij stalen brugdekken waarin maar weinig warmte kan worden

opgeslagen. De warmtecapaciteit van staal is immers vrij klein. Doordat daar geen ondergrond is die warmte naar het wegooppervlak geleidt, resulteert het goede warmtegeleidingsvermogen van het staal in snelle afkoeling van het brugdek. Bij op- en afritten speelt de geringe warmtecapaciteit van de dunnere verhardings- en funderingsconstructie een rol. Op verkeerspleinen, waar auto's vaak van snelheid en richting veranderen, kunnen daardoor kritische situaties ontstaan, mede doordat de viaducten en taluds forse verschillen veroorzaken in in- en uitstraling.

### Gladheidsbestrijding

Bij het bestrijden van wintergladheid is een goede organisatie van groot belang. Snelle, betrouwbare detectiesystemen hebben alleen maar zin als dag en nacht een omvangrijk netwerk van personeel paraat is. Onmiddellijke inzetbaarheid van materieel en strooimiddelen is noodzakelijk en routeplannen dienen klaar te liggen. De organisatie is het minst gecompliceerd voor het auto(snel)wegennet, dat alleen voor het snelverkeer is en grotendeels onder één wegbeheerder valt. Andere wegen buiten de bebouwde kom hebben verschillende functies, variëren sterk in allerlei fysische kenmerken, zijn lang niet allemaal even belangrijk en vallen soms onder meer dan één wegbeheerder. Het wegennet binnen de bebouwde kom is fijnmazig en kent een grote verscheidenheid in kenmerken. Verschuivingen van de wegas, wegversmallingen, fietspaden, verkeersdrempels en andere obstakels maken het gebruik van aangepast materieel noodzakelijk. Zo vergt bijna elk soort weg een aparte aanpak bij gladheid. Bovendien vraagt elke categorie weggebruikers specifieke aandacht.

Bij sneeuwval wordt in eerste instantie zout gestrooid om het vastrijden van de sneeuw op of in het wegdek te voorkomen. Blijft het sneeuwen dan komen sneeuwplougen in actie en in extreme gevallen sneeuwblazers en -frenzen. Andere vormen van gladheid worden gro-

tendeels — al dan niet preventief — bestreden met zout of andere smeltpuntverlagende middelen. Stroefmakende middelen zoals zand en split worden weinig toegepast. Ze worden door het verkeer van de weg geslingerd waardoor de werkingsduur gering is en goten, putten en rioeringen verstopt raken. Het goedkoopste smeltpuntverlagende middel is wegzout ( $\text{NaCl}$ ) dat drooggestrooid werkzaam is tot  $-8^\circ\text{C}$ . Calciumchloride, dat werkzaam is tot  $-20^\circ\text{C}$ , wordt weinig gebruikt omdat het veel duurder is. Beide middelen zijn erg corrosief, waardoor schade ontstaat aan bruggen, viaducten en auto's. Niet-corrosieve produkten, zoals alcoholen, glycolen of ureum, zijn voor toepassing op grote schaal echter te duur. Op vliegvelden worden ze wel toegepast.

Gladheidsbestrijding met strooizout is goed voor de verkeersveiligheid, maar slecht voor het milieu. Het middel heeft een schadelijk effect op de structuur en de vruchtbaarheid van de bodem, op de samenstelling van het grondwater en op bomen en planten. De verzilting van wegbermen is voor de oorspronkelijke kruidachtige vegetatie zeer ongunstig. In wegbermen komen daarentegen steeds meer zoutverdragende planten voor, die vroeger alleen op kwelders werden waargenomen. Mede vanwege de schade aan bomen is in West-Berlijn en Wenen het gebruik van strooizout verboden. Bij bushaltes en bruggen past men daar nu grof zand toe.



11. Engels gras is een plant die eigenlijk thuishoort op kwelders. Door een overvloedig gebruik van strooizout heeft de soort zich in menig wegberm kunnen vestigen.





12

12. Een glad wegdek vraagt vooral veel aandacht en aangepast gedrag van de bestuurder, maar de autobanden hebben 's winters ook enige invloed op de beheersbaarheid van het voertuig. Bandenfabrikanten doen daarom onderzoek aan hun producten, zoals op dit stuk testbaan.

Milieutechnische overwegingen hebben een belangrijke invloed gehad op het terugbrengen van de dosering bij het zoutstrooien. Een recente stap daarbij is het strooien van zogenaamd nat zout. Dat is wegzout, bevochtigd met water waarin 16%  $\text{CaCl}_2$  of 20%  $\text{NaCl}$  is opgelost. Omdat nat zout aan de verharding blijft kleven en dus minder snel verwaait hoeft er maar  $7 \text{ gr.m}^{-2}$  van te worden gestrooid. Bij gebruik van droog wegzout is de dosering twee- à driemaal zo hoog. Wegdekverwarming kan een alternatief zijn voor zoutstrooien. In ons zeeklimaat is echter alleen kleinschalige toepassing ervan rendabel, bijvoorbeeld op steile opritten bij gebouwen, garages of veerponten.

### Het wegdek

Zoals we eerder zagen is het warmtegeleidingsvermogen van een weg belangrijk voor de oppervlaktetemperatuur ervan. Het vermogen is groter naarmate de steenfractie van het asfaltbeton meer naar rechts en minder holle ruimte bevat. Op autosnelwegen wordt voor toplagen steeds vaker zeer open asfaltbeton, met circa

20% holle ruimte, gebruikt. Dat heeft voor weggebruikers een gunstig effect op de wateroverlast en voor de omgeving op de geluidshinder. Maar vanwege het slechte warmtegeleidingsvermogen is het oppervlak ervan 's winters 1 à 2 graden lager dan bij toplagen gemaakt van de gebruikelijke asfalt- en cementbetonmengsels. Ook klinkerwegen en tegelpaden zijn vaak eerder glad, doordat de samenstellende elementen maar een dunne laag vormen op het zandbed. Die laag reageert sneller op fluctuaties van de (stralings)temperatuur. Op bestratingen van zachte klinkers zal bij vorst snel een ijslaagje ontstaan, door water dat reeds in de klinker aanwezig is.

Als de ene soort verharding eerder glad is dan de andere, kan dat de weggebruiker bij overgangen voor onplezierige verrassingen plaatsen. Van de wegbeheerder vragen zulke situaties extra aandacht, zowel bij de detectie als bij de bestrijding van de gladheid. Bij sneeuwval moet op toplagen van zeer open asfaltbeton vaker zout worden gestrooid. Het zout verdwijnt namelijk gedeeltelijk in de holle ruimten, waarna het met het dooiwater uitspoelt. Ook op betonverhardingen met een

grof gegroefd oppervlak is vaak een extra strooibeurt nodig. Anders blijft zo'n weg bij sneeuwval langer glad, doordat er sneeuw tussen de groeven blijft zitten. Bestrate wegen kunnen vaak langer glad blijven door sneeuw, die moeilijk uit voegen en oneffenheden is te verwijderen.

Door de vele vorst-dooicycli in ons zeeklimaat, ontstaat gemakkelijk schade aan het wegdek. Water dat in de verharding is gedrongen, zet bij bevriezing uit en drukt het verhardingsmateriaal een beetje uit elkaar. Als de dooi invalt kan nog wat meer water toetreden, dat vervolgens weer bevroert. Op den duur vriest de verharding geheel stuk. Dat uit zich het eerst in scheuren in het oppervlak. Ook kunnen er putten en gaten in het wegdek ontstaan. Als het binnengedrongen water strooizout bevat heeft het een verlaagd vriespunt. Dat resulteert in minder cycli waardoor de kans op stukvriezen van de verharding afneemt.

Opdooischade komt tegenwoordig nauwelijks meer voor, doordat wegen worden aangelegd op een zandbed dat water goed doorlaat. Gebeurt dat niet dan kan, als na een lange vorstperiode de dooi invalt, het dooiwater uit de verharding niet wegzakken doordat onderliggende lagen nog bevroren zijn. De ontdooide laag drijft daar als het ware op. Zware verkeersbelasting leidt in zo'n geval tot volledige vernieling van het wegdek.

De winter heeft ook gunstige gevolgen voor het oppervlak van het wegdek. De stroefheid verbetert doordat er minder polijsting van de steenslag optreedt dan 's zomers en doordat tussen de steenslag wat materiaal wegvriest. Door zijn reinigende werking verbetert wegzout de helderheid van verfmarkeringen.

### Autobanden

Gladheid volledig voorkomen is niet mogelijk, hoe goed de detectiemethoden en de organisa-



13

13 en 14. Als water in het wegdek weet te dringen en vervolgens bevroert kan de weg geheel stukvriezen (14). Opdooischade, zoals op afb. 13, komt niet zo vaak meer voor, doordat elke weg tegenwoordig op een dik zandbed wordt aangelegd.

15. Bij start en landing kan ook luchtverkeer met gladheid worden geconfronteerd. Deze Fokker-100 maakt een testlanding op een kletsnatte baan, waarbij aquaplaning op kan treden.



14





15

tie ter bestrijding ervan ook zijn. Het verschijnsel ontstaat nu eenmaal op teveel verschillende manieren en het treedt te vaak heel plaatselijk en plotseling op.

De weggebruiker heeft weinig fysieke middelen ter beschikking om zich te wapenen tegen wintergladheid. Auto's kunnen 's winters weliswaar van zogenaamde modder- en sneeuwbanden worden voorzien; dat biedt enig soelaas als er rulle of ontdooide sneeuw op de weg ligt. Op vastgereden of bevroren sneeuw en op ijs bieden deze banden echter nauwelijks voordeel. Sneeuwkettingen zijn op winterse bergwegen nodig en zijn daar vaak ook verplicht. In vlakke kustgebieden is het gebruik ervan niet zo praktisch, omdat de kettingen op wegen zonder sneeuw niet mogen worden gebruikt. Spijkerbanden kunnen effectief zijn, maar in Nederland is het gebruik ervan verboden vanwege de grote schade die de stalen spijkers aan de wegen toebrengen.

Gelukkig staan de voornaamste middelen om de wintergladheid te lijf te gaan de weggebruiker op elk moment ter beschikking: alertheid en de bereidheid het verkeersgedrag aan te passen aan de omstandigheden die het gevolg zijn van winter op de weg.

#### Literatuur

- Klaassen GJ. Wegdek en gladheidsbestrijding. Verkeerskunde 1987; 38: 2, 75-77.  
 Rosema A, Welleman AG. Microclimate and winter slipperiness. A study of factors influencing slipperiness, with application of thermal infra red observation techniques. Delft: NIWARS-publication 38, 1977, pp 63.  
 Werkgroep Gladheidsbestrijding en Sneeuwruiming. Glad - weg veilig... voorbereiding, organisatie en uitvoering van winteronderhoud. Ede: CROW-publicatie 5, 1987, pp 108.

#### Bronvermelding illustraties

- George Burggraaf BFN, Buurmalsen: pag. 942-943  
 ANP-foto, Amsterdam: 1 en 2  
 Meetkundige Dienst, Rijkswaterstaat: 4  
 Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat: 5, 13 en 14  
 Nido Universal Machines BV, Holten: 6  
 Stichting CROW, Ede/H. Berkhout, Diepenveen: 7, 8 en 10  
 Adviesgroep Vegetatiebeheer, Min. Landbouw en Visserij, Wageningen: 11  
 Goodyear SA, Colmar-Berg, L: 12  
 Fokker BV, Amsterdam: 15  
 De overige afbeeldingen zijn afkomstig van de auteur.

In veel moderne producten heeft vet plaatsgemaakt voor stoffen die in het lichaam tot minder energie-opname leiden, maar wel aan het produkt een met vet overeenstemmende smaak geven.







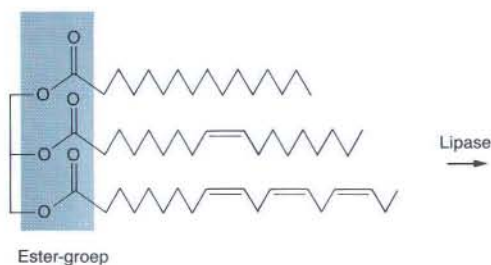
## *lekker* LIGHT

In het welvarende deel van de wereld willen veel mensen lekker vet eten zonder al te dik te worden. Een manier om in deze behoefte te voorzien vormen de zogenaamde vetvervangers. Dat zijn stoffen die weinig of geen calorieën bevatten en toch de overige vetachtige eigenschappen bezitten van de natuurlijke olieën en vetten die voedings- en genotmiddelen zo aantrekkelijk maken. Vetvervangers kunnen grotendeels bestaan uit stoffen die in het geheel geen calorieën bevatten of uit stoffen die niet door het lichaam worden opgenomen. In de bestrijding van ernstige vormen van vetzucht kunnen vetvervangers als bestanddeel van diëtvoeding een belangrijke rol spelen.

A.P.G. Kieboom  
TU Delft

# VET VERVANGERS

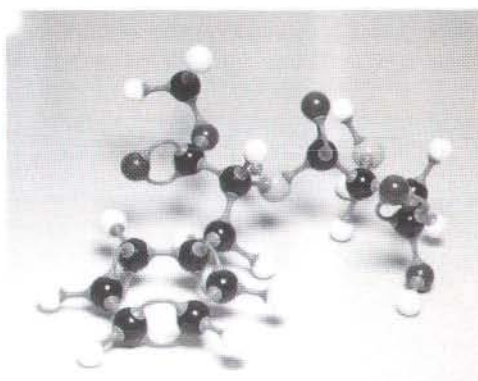
Natuurlijke vetten en oliën zijn esters van glycerol en lange, onvertakte alifatische carbonzuren (vetzuren) (afb. 1). De vetzuurstaarten zijn meestal 16 of 18 koolstofatomen lang. De meest voorkomende *verzadigde* vetzuren, dat wil zeggen met alleen enkelvoudige koolstofbindingen, zijn palmitinezuur (16 koolstofatomen) en stearinezuur (18 koolstofatomen). De *onverzadigde* vetzuren bevatten één tot drie dubbele koolstofbindingen en zijn 18 koolstofatomen lang. Oliezuur, linolzuur en linoleen-  
zuur zijn de meest bekende met achtereenvolgens één, twee en drie dubbele koolstofbindingen.



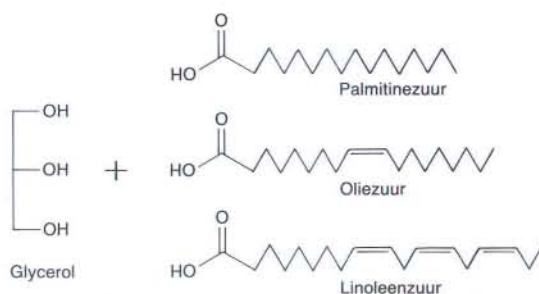
1

De vele mogelijke combinaties van verschillende vetzuurketens aan glycerol en de mengverhouding van de verschillende vetmolekulen bepalen de eigenschappen van het vet of de olie, zoals het smeltpunt, de houdbaarheid, de smaak en de gewaarwording in de mond, als ook de wijze waarop het door het lichaam wordt opgenomen. Zo kan de consumptie van een teveel aan verzadigde vetten leiden tot een verhoogd cholesterolgehalte in het bloed, terwijl van (meervoudig) onverzadigde vetten is aangetoond dat ze een cholesterol-verlagende werking bezitten. Dit verschil hangt samen met de grotere en andere reactiviteit van de onverzadigde vetten door de aanwezige dubbele koolstofbindingen. Vanwege het gehalte aan onverzadigde vetzuren verkiezen velen de dieetmargarine boven de weliswaar smakelijke, maar veel verzadigde vetzuren bevattende roomboter.

De opname van vetten in het lichaam begint met de splitsing van de esterbindingen door en-



2



zymen, de zogenaamde *lipasen*. Bij deze verbreking van de koolstof-zuurstofbindingen ontstaan glycerol en vetzuren. De vetzuren worden eerst via verschillende enzymatische stappen verknipt tot brokstukken met twee koolstofatomen. Deze brokstukken kunnen vervolgens worden gebruikt voor de opbouw van andere stoffen, zoals cholesterol, of als energiebron voor ons lichaam. In dat geval worden ze verbrand tot koolzuur en water. In tegenstelling tot de 'verbranding' van koolhydraten verloopt de omzetting van vetten langzaam. Een te veel aan vet wordt door het lichaam opgeslagen als reserve-energie.

De kenmerkende gewaarwording van vetten in de mond vloeit voort uit zowel de geringe wateroplosbaarheid als de hoge viscositeit. Vet voedsel glijdt langzaam langs de waterige binnenkant van de mond via de slokdarm de maag binnen, zonder veel interactie met de smaakreceptoren van de tong. De stoffen in het voedsel die beter in water oplossen dan het



vet, bepalen de uiteindelijke smaak. Ze worden door het speeksel deels aan het vet onttrokken en komen vervolgens op de smaakreceptoren terecht. Voor een prettige gewaarwording moet het smeltpunt van het vet natuurlijk wel beneden de 37°C liggen: het dient te smelten als boter op de tong.

### De roep om vetvervangers

Onder vetvervangers verstaat men alle stoffen die natuurlijke oliën en vetten in voedings- en genotmiddelen kunnen vervangen en tegelijkertijd niet of nauwelijks bijdragen aan de calorische waarde daarvan. Van een goede vetvervanger merkt de consument vrijwel niets: smaak en gewaarwording van het produkt zijn hetzelfde, of zelfs beter. Uiteraard moeten vetvervangers volkomen veilig zijn voor de mens.

Als we gezond zijn, verstandig eten en voldoende aandacht schenken aan lichaamsbeweging zouden vetvervangers, en dus ook het zoeken ernaar, niet nodig hoeven zijn. Als bestanddeel in dieetvoeding, onder andere ter bestrijding van vetzucht, kunnen vetvervangers echter een belangrijke taak vervullen. Calorie-arm voedsel dat tevens een goede smaak bezit, is essentieel voor het welslagen van een af-

slanktherapie. Wat de grote markt betreft, staat de vraag in het teken van typische welvaartsverschijnselen: men wil veel en lekker eten en toch slank blijven; 'light' is in.

Ons voedsel bestaat naast water uit koolhydraten, vetten, eiwitten, vitaminen en mineralen. Het is bekend dat we best met wat minder koolhydraten en vetten toe kunnen. De andere ingrediënten zijn veel belangrijker. Elke gram koolhydraten die we uit ons voedselpakket weglaten, maakt dat we 17 kJ (4 kcal) minder verbranden, terwijl elke gram vet ruim een dubbele besparing (38 kJ) oplevert. Het is dus het meest rendabel om plantaardige en dierlijke oliën en vetten te vervangen door iets dat calorievrij is. De zoete koolhydraten, zoals suiker en de glucose(fructose)-stropen, vervangt men tegenwoordig al wel; denk maar aan de nagenoeg calorievrije zoetstof aspartaam die men in sommige frisdranken toepast.

De keuze van de vetvervanger zal mede bepalen of we in ethische problemen komen met betrekking tot de calorietekorten in de landen van de Derde Wereld. Gebruiken we voornamelijk lucht en water als vetvervanger dan is er weinig tegenin te brengen. Passen we hoogcalorische voedingsstoffen toe voor de vervaardiging van calorie-arme of -vrije vetachtige

1. In een vet is glycerol via estergroepen met drie vetzuren verbonden. Bij de vetafbraak verbreken lipasen deze esterbindingen. Afgebeeld is een vet met één verzadigde en twee onverzadigde vetzuurketens.

2. Een molecuul van de zoetstof aspartaam bestaat uit twee aminozuren, asparaginezuur en fenylalanine. Aan fenylalanine is een methylgroep (linksboven) versterd. Het asparaginezuur vormt het rechter deel van het model.

3. Tijdens de weekendinkopen kiezen consumenten regelmatig voor 'light'-produkten.



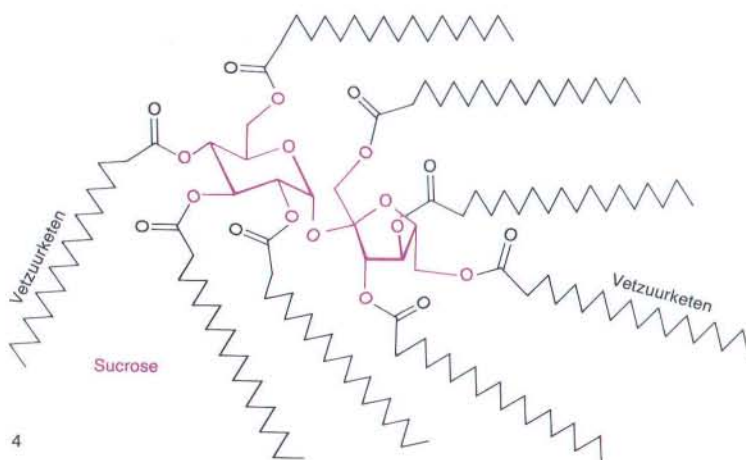
stoffen dan is er in ethisch opzicht wellicht wel het een of ander op aan te merken. De omzetting van bijvoorbeeld suiker tot motorbrandstof betekent in ieder geval een nuttig gebruik van de energie-inhoud. Maar dan nog blijft de vraag of er een rechtvaardiging te vinden is voor het aanwenden van voedingsstoffen anders dan als voedsel, zolang er mensen honger lijden. De omzetting van suiker en vet tot een calorievrij vetproduct leidt in dit opzicht tot een onnodige energieverspilling. In de rest van dit artikel zullen we deze problematiek laten rusten en ons voornamelijk toespitsen op de technische aspecten van vetvervanging. Verschillende kandidaten voor de rol van vetvervanger zullen de revue passeren.

### Lucht en water

Op het eerste gezicht een vreemde titel in de serie vetvervangers, maar lucht en water zijn de mooiste en veiligste ingrediënten voor het vervaardigen van calorie-arm voedsel. Het zijn ook de oudere voorbeelden. Lucht vindt velelei toepassing. Bros-chocolade is een reep die voor het grootste gedeelte uit ingesloten luchtbelletjes bestaat. Pop-corn is niet anders dan een berg flink opgeblazen maiskorrels. Kroe-



5



4

4. In Sucrosepolyester kan aan elke OH-groep van het sucrosemolekuul een vetzuur zitten.

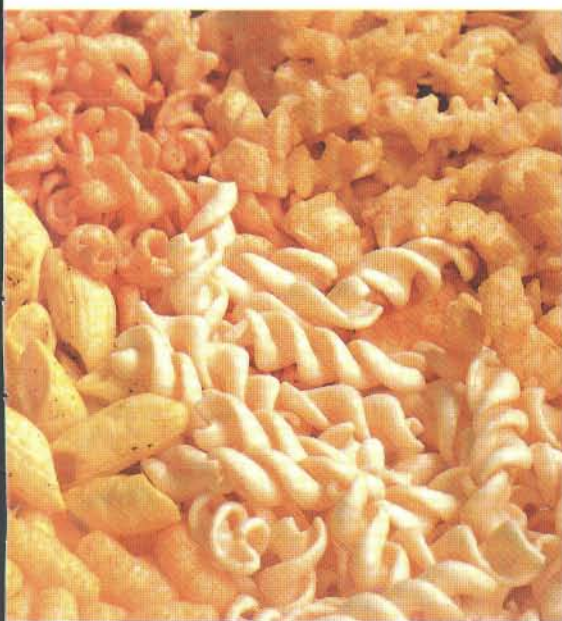
5, 6. Het water in deze kaashapjes dient als bindmiddel (5) en draagt niet bij aan een vermindering

van calorieën, zoals de lucht in wikkels en chips (6).



6





poek, wokkels en andere 'luchtige' chips vormen de tegenhanger van de geconcentreerde pinda's, terwijl een suikerspin veel lucht met weinig suiker is. Water vindt ondermeer toepassing in de aloude gelatinepudding en in de modernere halvarines en halvanaïses — die dus niet geschikt zijn om mee te bakken. Melk waaruit een deel van het melkvet is verwijderd, kortom melk die wateriger is geworden, kennen we onder de aanduiding 'halfvol'. Zoals we verderop zullen zien kan men in de meeste gevallen niet zondermeer een deel van het vet vervangen door water. Om een stabiel produkt te krijgen moeten emulgatoren worden toegevoegd.

### Sucrosepolyesters

Eind zestiger jaren vond bij het Amerikaanse bedrijf Procter & Gamble onderzoek plaats naar de ontwikkeling van alternatieve hoogcalorische vetten. Men had als mogelijke toepassing voor ogen dergelijke vetten toe te dienen aan te vroeg geboren babies en aan patiënten bij wie de natuurlijke vetten slecht worden opgenomen. Het idee was om de vetzuren in plaats van aan glycerol, zoals bij de plantaardige en dierlijke oliën en vetten, aan suiker te binden (afb. 4). Al gauw bleek echter dat dergelijke vetachtige stoffen niet of nauwelijks door het lichaam worden opgenomen en dat men in plaats van de gewenste hoogcalorische nu calorie-arme of -vrije vetten in handen had gekregen. Dit is een prachtig voorbeeld van hoe grillig een onderzoeksproject kan uitpakken.

Terwijl het onderzoek een uitkomst gaf die haaks op het oorspronkelijke doel stond, was het succes van het geheel toch daar: de vraag naar calorie-vrije vetten bleek en blijkt in feite groter dan die naar de beoogde hoogcalorische materialen. De aldus ontwikkelde *sucrosepolyester*, SPE genoemd, is een vetachtige substantie bestaande uit sucrosemolekules die elk met zes, zeven of acht vetzuren zijn veresterd. Bij deze veresteringsgraad vindt totaal geen opname van het SPE in het lichaam plaats en hebben we dus te maken met een werkelijk calorievrij vet. In vele voedings- en genotmiddelen kan zo'n sucrosepolyester prima gebruikt worden in plaats van de natuurlijke vetten, zonder dat de smaak eronder te lijden heeft.



7, 8. Aardappelen vormen de bron van vetvervangers op koolhydraatbasis. Na vermalen van de aardappels en de scheiding in vruchtwater (80,9%), vezels (1,3%) en zetmeel (17,8%; 8), wordt zetmeel enzymatisch afgebroken. Bij een bepaalde degradatiegraad krijgt het produkt, bestaande uit voornamelijk maltodextrines, vetachtige eigenschappen. AVEBE ontwikkelde zo'n vetvervanger onder de naam Paselli SA2.



7

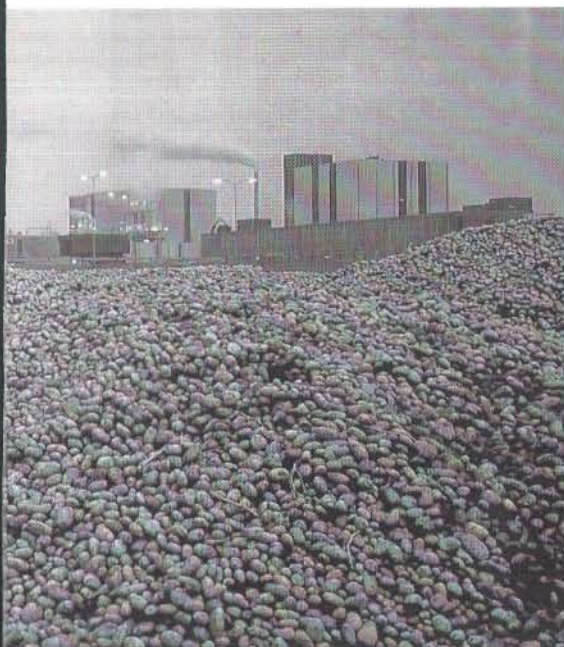
In eerste instantie werd SPE getest op overmatig dikke patiënten. Ze kregen hun dagelijkse portie voedsel, maar nu bereid met SPE, en binnen drie weken werd een gewichtsvermindering tot zo'n 25% geconstateerd. De patiënten konden niet zeggen of het voedsel nu wel of niet met SPE was bereid, en zeiden geen last van een hongerig gevoel te hebben tijdens de dieetkuur.

Omdat SPE totaal niet wordt opgenomen door het lichaam, is het weliswaar calorievrij maar werkt het in de darmen ook als een soort smeer- en extractiemiddel. Met andere woorden SPE heeft tevens een laxerende werking, wat bij te grote doses tot ongewenste diarree aanleiding kan geven. Daarbij onttrekt SPE tijdens de passage door de darmen een aantal apolaire stoffen aan het bloed, zoals cholesterol – enkele tientallen procenten –, lipoproteïnen en triglyceriden. De cholesterolverlagende werking kan zeker als een positief punt worden aangemerkt. Een te hoog lichaamsgewicht en een te hoog cholesterolgehalte gaan dikwijls samen zodat toepassing van SPE in het dieet op deze manier twee functies tegelijk kan vervullen. Dat andere, apolaire hydrofobe stoffen zoals vitaminen A en D ook door het

SPE uit het bloed worden verwijderd, is echter minder te waarderen en vraagt mogelijk om extra toevoegingen van deze stoffen aan etenswaren die met SPE zijn bereid. Vanaf de zeventiger jaren heeft SPE uitvoerige testen ondergaan en deze tot dusverre goed doorstaan. De toestemming om SPE in voedings- en genotmiddelen toe te passen, zeker wat betreft diëtvoeding op doktersvoorschrift, zal waarschijnlijk wel verleend worden.

Dat SPE calorievrij is komt doordat onze vetafbrekende enzymen niet in staat zijn dit enorm grote vetmolekuul aan te pakken. De katalytische ruimte van de enzymen is te klein om SPE-molekulen te binden en af te breken. De vraag of SPE door andere organismen gemakkelijk kan worden afgebroken, bijvoorbeeld door bacteriën in de biologische afvalwaterzuivering of na directe lozing in rivieren en meren, lijkt vooralsnog niet onderzocht. Het is van belang een antwoord op deze vraag te hebben alvorens de SPE's en analoge onafbrekbare kunstvetten op grote schaal worden toegepast. Immers, zouden deze stoffen onverhoopt niet goed biologisch afbreekbaar zijn, dan zouden ze zich in het milieu kunnen ophopen.





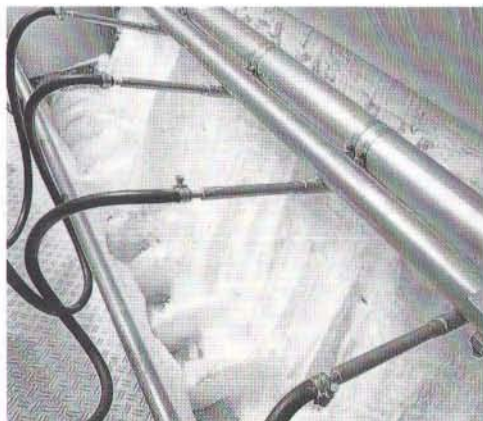
### Gemodificeerde vetten

Vetachtige substanties die niet door het lichaam worden opgenomen, kunnen op een geheel andere manier worden gemaakt door de ester groep,  $C-O-CO-C$ , in het natuurlijke vet als het ware om te draaien: wij krijgen dan molekulen van het type  $C-CO-O-C$  (afb. 9). De structuur is verder vrijwel gelijk aan die van de natuurlijke vetten. Zulke 'omgekeerde vetten' worden niet door enzymen gesplitst omdat de estergroep andersom zit.

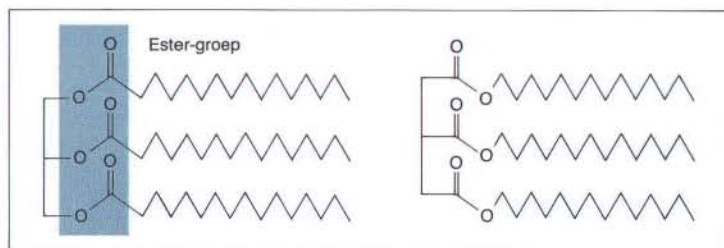
Ook bij deze geraffineerde en subtiele aanpak om de natuur voor de gek te houden treden laxerende bijwerkingen op. Daarnaast dient nog te worden onderzocht of deze kunstmatige vetten giftige eigenschappen bezitten.

Dergelijke niet-calorische vetten kunnen worden gemaakt vanuit citroenzuur via de fermentatie van suiker en uit vetalcoholen na de reductie van vetzuren. De vervanging van de estergroep van natuurlijke of de 'omgedraaide' vetten door een ethergroep,  $C-O-C$ , leidt tot zeer stabiele vetachtige substanties (afb. 13). De hogere stabiliteit van ethers ten opzichte van esters is van oudsher bekend onder organische chemici. Zulke 'ether-vetten' worden dan ook in het geheel niet verteerd in ons lichaam: het zure maagsap noch de enzymen weten er raad mee.

Er kan nog worden opgemerkt dat dergelijke 'ether-vetten' ook in de natuur voorkomen. Micro-organismen die onder extreme condities leven (hoge temperatuur, sterk zuur of zout milieu) blijken in plaats van de ons zo vertrouwde vetten de 'ether-vetten' te bezitten (afb. 10, 11). De natuur kent zijn organische chemie goed: de esterbinding in de gewone vetten gaat kapot onder die extreme condities, zodat de overgang naar 'ether-vetten' simpelweg een noodzaak is.



8



9

9. Enzymen kunnen normaal vet (links) gemakkelijk splitsen, maar ze herkennen niet het onnatuurlijke vet waarin de estergroep zit omgedraaid (rechts).

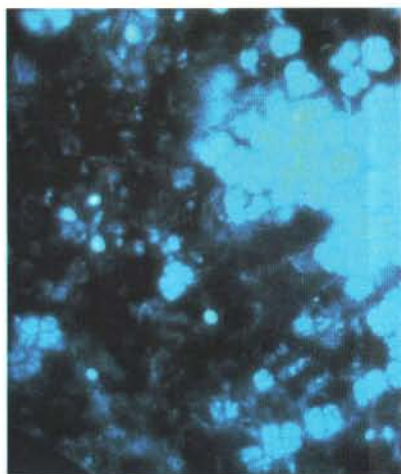
### Polyglycerolesters

Een andere manier om het ons lichaam moeilijk te maken vetten af te breken is om glycerol, waaraan in de natuurlijke vetten en oliën drie vetzuurstaarten hangen, eerst met zichzelf te laten reageren tot glycerolpolymeren en er daarna een aantal vetzuren aan te hangen. We krijgen dan vetachtige stoffen die *polyglycerolesters* (PGE's) worden genoemd (afb. 12). Dergelijke stoffen blijken voor een gedeelte door het lichaam te worden opgenomen. Ze zijn dus niet calorievrij maar calorie-arm.

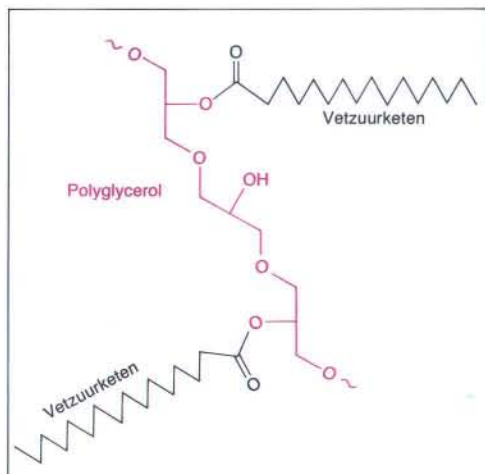
Aan de andere kant is het effect als vetvervanger dikwijls aanzienlijk groter doordat het prima emulgeermiddelen zijn. Anders dan vet laten ze zich goed met water vermengen tot een fijn verdeelde suspensie. Het is zodoende mogelijk om een deel van de natuurlijke vetten te vervangen door een kleine hoeveelheid PGE's in combinatie met een aanzienlijke hoeveelheid water. Polyglycerolesters worden reeds als emulgatoren toegepast in cake, koekjes, chocolade en ijs. Er schijnt geen twijfel te bestaan over de veiligheid en toxiciteit van deze toepassing, die beperkt blijft tot enkele



10



11



12

12. Twee van de drie OH-groepen van glycerol zijn

betrokken bij de polymerisatie tot polyglycerol.

14 t/m 16. Olie, gewonnen uit de vruchten van Jojoba-struiken, leek een prima vetvervanger, omdat het zich niet gemakkelijk laat afbreken. Bij dierproeven bleek de jojoba-olie, waarin vetzuren niet met glycerol maar met een vetalcohol zijn veresterd, echter niet voor consump-

tie geschikt, omdat het aanleiding geeft tot sterfte en verhoogde deling van darmcellen. Vergeleken met normale darmvlokcellen (14) zijn die van dieren op jojoba-oliedieet gezwollen en bevatten ze grote vacuolen (15). Vetkleuring toonde aan dat deze vol zitten met olie (16).



procenten van het produkt. Hoe calorie-arm PGE's zijn en wat de eventuele bijwerkingen zijn bij veel hogere percentages (enkele tientallen procenten) valt nog te bezien.

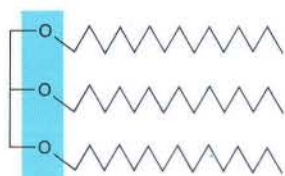
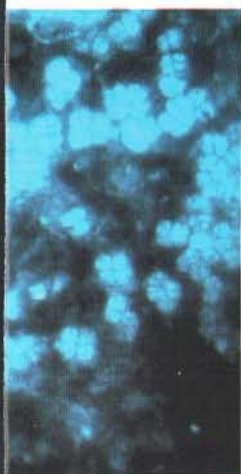
### Koolhydraten als vetvervangers

Omdat koolhydraten (afb. 17) per gewichtseenheid minder dan de helft aan calorieën bevatten dan vetten, is gedeeltelijke vervanging van vetten door koolhydraten eveneens een goede mogelijkheid om een reductie van de energie-inhoud te bereiken. Zo kan met behulp

van zogenaamde maltodextrines – dat is zetmeel dat gedeeltelijk is gehydrolyseerd – driekwart van de olie in mayonaise en vergelijkbare produkten worden vervangen met als resultaat dat het aantal calorieën gehalveerd kan worden ('halvanaise'). Tot zo'n 50-75% van de hoeveelheid maltodextrine kan water worden bijgemengd, waarmee een nog verdere verlaging van het aantal calorieën mogelijk is. Dergelijke maltodextrines worden volledig door het lichaam opgenomen (goed voor  $17 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) en hebben daarom geen nadelige laxerende bijwerkingen. Ze bezitten de zogenaamde GRAS-status ('Generally Regarded As Safe'), dat wil zeggen dat ze als veilig worden beschouwd, en mogen in voedingsmiddelen worden toegepast.

Wanneer zetmeel wordt verhit met wat citroenzuur dan verkrijgt men het zogenaamde polydextrose. In tegenstelling tot de maltodextrines heeft polydextrose een sterk vertakte en onregelmatige structuur en het wordt daardoor slechts ten dele door het lichaam opgenomen. De energie-inhoud is maar  $4 \text{ kJ.g}^{-1}$  in plaats van de  $17 \text{ kJ.g}^{-1}$ , die geldt voor volledig verteerbare koolhydraten. Polydextrose vindt, net als de maltodextrines, toepassing als gedeeltelijke vetvervanger in verschillende voedings- en genotmiddelen.

Bepaalde natuurlijke koolhydraten zoals de alginaten, die men uit zeewier wint, en xanthaan, dat door micro-organismen wordt geproduceerd, zijn uitstekende verdikkingsmid-



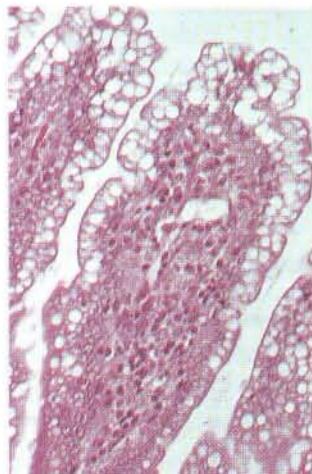
Ether-groep

13

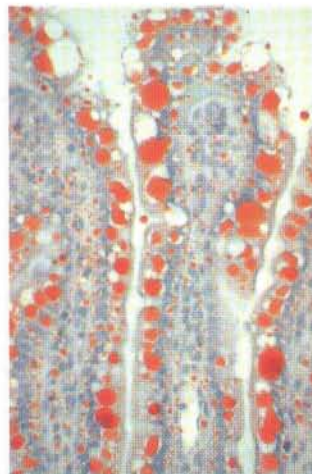
10, 11 en 13. Methaanbacteriën (11) die in hete bronnen leven (10), beschikken van nature over vetten met een ether- in plaats van een estergroep. De etherbinding (13) weerstaat de hoge temperatuur waarbij een esterbinding spontaan breekt.



14



15



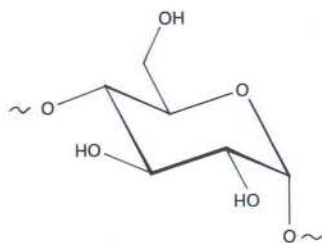
16



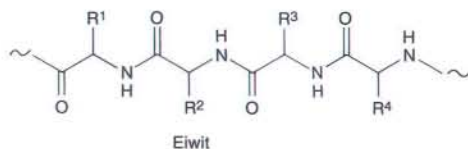
18

17. Maltodextrines en polydextroses bestaan uit aan elkaar geregen glucose-eenheden.

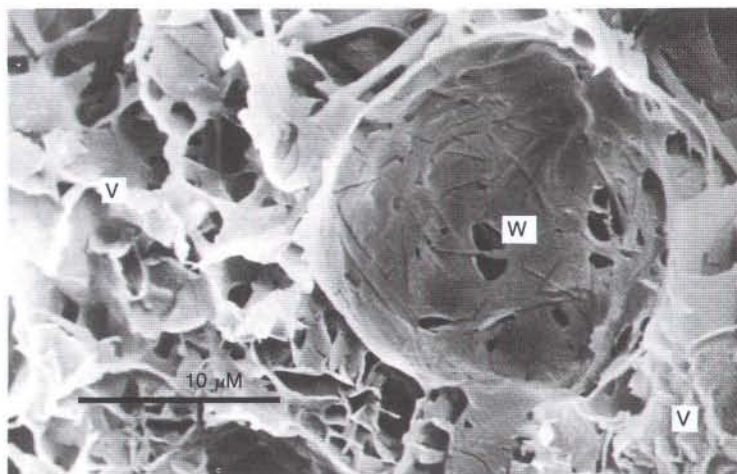
18, 19. Eiwitten (19) kunnen een toepassing vinden als vetvervanger, zoals bijvoorbeeld Simplese (18). Dit Amerikaanse produkt moet echter nog zijn Europese primeur beleven.



17



19



20

delen. Daarmee wordt niet bedoeld dat men er dik van wordt maar dat ze enorme hoeveelheden water kunnen vasthouden. Minder dan 1 procent is nodig om stabiele emulsies van water en olie te verkrijgen, zodat het mogelijk is om een fors deel van de olie te vervangen door water zonder dat dit veel afdoet aan de smaak. Tenminste, dat zegt men.

### Eiwitten

Zoals valt af te lezen op de verpakking van door Van den Bergh en Jurgens recentelijk op de markt gebrachte Becel Light is de helft van de in gewone Becel aanwezige vetten vervangen door water. De gekozen oplossing om een stabiele emulsie van water met olie te verkrij-

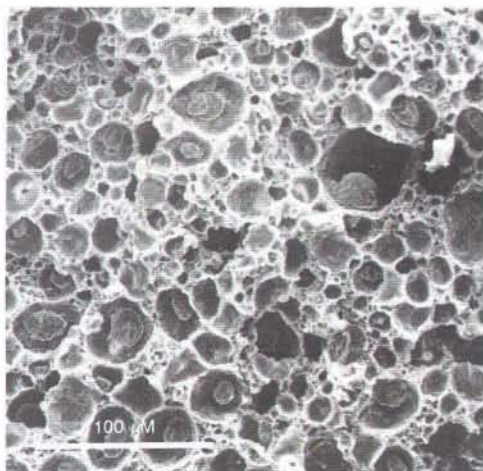
gen is hier echt het ei van Columbus. Als emulgator heeft men simpelweg gekozen voor het eiwit gelatine, de aloude water-vasthouder uit de bekende gelatine-pudding.

Een nieuwe, andere vetvervanger op eiwitbasis is ontwikkeld door de NutraSweet Company, die ook een zoetje produceert, en zal waarschijnlijk binnenkort op de markt worden gebracht onder de toepasselijke naam Simplese. De eiwitten zijn afkomstig uit melk en het ei-wit van eieren, dus van natuurlijke oorsprong. De vondst betreft een speciale voorbehandeling van deze eiwitten waardoor een vetachtige smaak en gewaarwording wordt verkregen. Een juist gekozen verhitting en menging resulteert in zeer kleine bolvormige eiwit-deeltjes die een doorsnee van ongeveer 1 mi-



20, 21. In margarine, dat voor 40% uit water bestaat, zitten de waterdeeltjes (W) opgesloten in een netwerk van vetdeeltjes

(V, 21). Een nog fijner verdeelde emulsie van water en vet maakt deel uit van een produkt dat voor 60% uit water bestaat (21).



21

crometer hebben en zeer gemakkelijk over elkaar rollen. Op deze manier zouden ze prima de gewaarwording van natuurlijke vetten nabootsen. Deze vetvervanger is geschikt voor produkten als ijs, mayonaise, boter en sausen. Per gram Simplese (16 kJ) kan zo'n drie gram vet worden vervangen (113 kJ).

### Minder vet is zonder meer goed

Een ding is zeker: minder vet eten is goed voor de gezondheid. De manier waarop we deze doelstelling bereiken is vers twee. De meest voor de hand liggende oplossing is om bewust gebruik te maken van een goed gekozen voedselpakket. Dit valt, zo wijst de praktijk uit, niet altijd en iedereen even gemakkelijk. De

populaire snelle, maar vaak vette hap en het niet kunnen weerstaan van vette spullen omdat ze lekker zijn, vormen twee belangrijke oorzaken.

Daarom is het op de markt brengen van vetarme produkten helemaal geen onzinnige zaak, die zeker een bijdrage aan de volksgezondheid kan leveren. Bijmengen van lucht en water om zo het vetgehalte terug te brengen lijken in feite toch het meest aantrekkelijk. De hoeveelheid aan additieven van andere origine kan beperkt blijven tot bijvoorbeeld onschuldige emulgatoren als gelatine en de maltodextrines, zodat er nauwelijks tot geen bijwerkingen zijn te verwachten. Dit in tegenstelling tot de kunstvetten die niet door het lichaam worden opgenomen en, zeker bij een hoge consumptie, nadelige laxerende werkingen vertonen. Dergelijke kunstvetten kunnen daarentegen van groot belang zijn voor de behandeling van patiënten die aan vetzucht lijden of die om andere redenen snel dienen af te slanken.

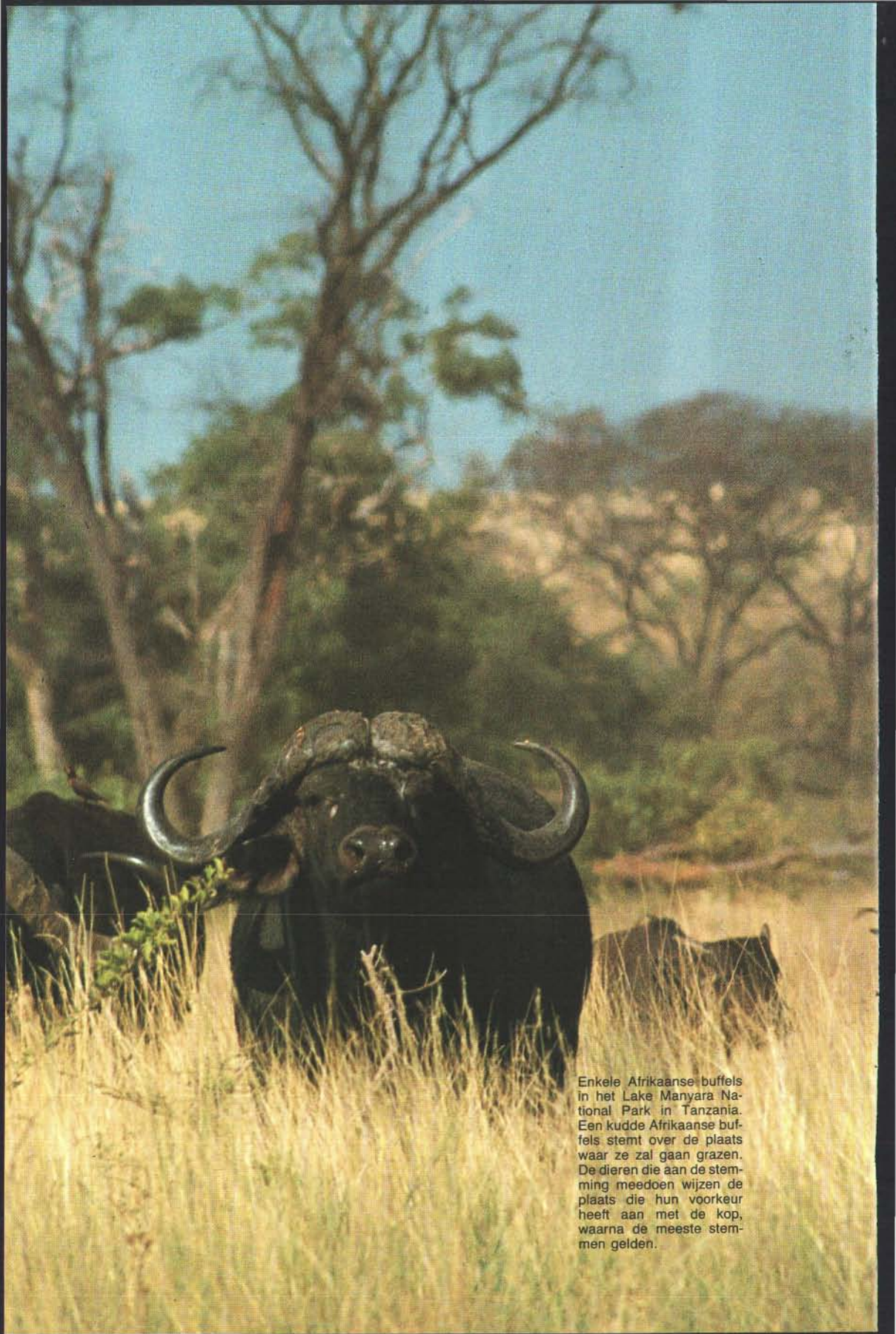
### Literatuur

- Fitch Haumann B. Getting the fat out. *Journal American Oil Chemist's Society* 1986; 63: March, pag. 278-288.  
 Hoffmans MDAF. Ondervoed of overvoerd - Een delicate balans. *Natuur en Techniek* 1989; 57: 10, 768-777.  
 Jaeger NC de, Bearnaisesaus - *Culinaire colloidchemie*. *Natuur en Techniek* 1987; 55: 12, 1022-1031.  
 Kaper FS en Gruppen H. Replace Oil and Fat with Potato-Based Ingredient. *Food Technology* 1987; March: pag. 112-113.  
 Rawls R. Fat substitute cuts patients' caloric intake. *Chemical & Engineering News* 1982; July 26: pag. 32-33.  
 Stinson S. Low-caloric fat substitute developed. *Chemical & Engineering News* 1988; February 1: pag. 5-6.

### Bronvermelding illustraties

- Steye Raviez, Amsterdam: 954-955, 3.  
 Holland Sweetener Company, Maastricht: 2.  
 Mora BV, Maastricht: 5.  
 AVEBE, Foxhol: 6, 7 en 8.  
 A.J.B. Zehnder, Wageningen: 10 en 11.  
 P.M. Verschuren, Vlaardingen: 14, 15 en 16.  
 The NutraSweet Company, Skokie, Illinois, USA: 18.  
 I. Heertje, Vlaardingen: 20 en 21.  
 De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur.





Enkele Afrikaanse buffels in het Lake Manyara National Park in Tanzania. Een kudde Afrikaanse buffels stemt over de plaats waar ze zal gaan grazen. De dieren die aan de stemming meedoen wijzen de plaats die hun voorkeur heeft aan met de kop, waarna de meeste stemmen gelden.





Interpretatie van diergedrag is een precare bezigheid. Menselijke vooringenomenheid kan een onderzoeker gemakkelijk misleiden. Toch lijkt het er op, dat buffels stemmen over beslissingen die van belang zijn voor individuele leden van de kudde. Ganzen wisselen informatie uit voor ze hun fourageergebied kiezen. Volksraadpleging in de dierenwereld.

**Eric Le Gras**  
*Leek*

**Herbert Prins**  
*Rijksinstituut voor Natuurbeheer  
Leersum*

# **MEESTE STEM MEN GELDEN**

*Besluitvorming  
bij dieren*



Dieren die een aanzienlijk deel van hun leven in groepsverband doorbrengen, zijn bij beslissingen die hun individuele belangen raken vaak afhankelijk van wat de andere leden van de groep willen. Een individu kan de groep niet ongestraft verlaten en moet zich neerleggen bij de keuze van de groep, ook wanneer die volgens dat individu niet de beste was. De keuze waarvoor het individu vaak staat, betreft het fourageergebied. Waar is het beste voedsel te vinden, hoe ver is het verwijderd? Om die keuze te maken is informatie nodig over de alternatieven. Voor sommige dieren is het voordelig die informatie te delen met soortgenoten.

Graseters als buffels of ganzen lijken in hun leefgebieden eigenlijk altijd wel voldoende voedsel aan te treffen. Het gaat echter niet alleen om de aanwezigheid van gras, de kwaliteit

voedsel nuttigen. Bovendien zijn de vegetarische groepen groter naarmate het voedsel meer op één plaats geconcentreerd is, graseters zoals ganzen en graaneters zoals roeken vormen de grootste groepen. Dieren die in groepen leven en hun informatie niet voor zichzelf houden, moeten de inbreng van de talrijke groepsleden wel zodanig kanaliseren dat die het grootste rendement oplevert.

Net als in een aantal menselijke samenlevingen wordt door sommige in groepen levende dieren het principe gehanteerd, dat het gemiddeld genomen het veiligst is de mening van de meerderheid te volgen. Die dieren vertonen gedrag dat opgevat kan worden als een stemming over de keuze van het fourageergebied. Terwijl de stemming gaande is, maken de betrokken individuen hun eigen mening kenbaar. De meerderheid van die meningen is vervolgens



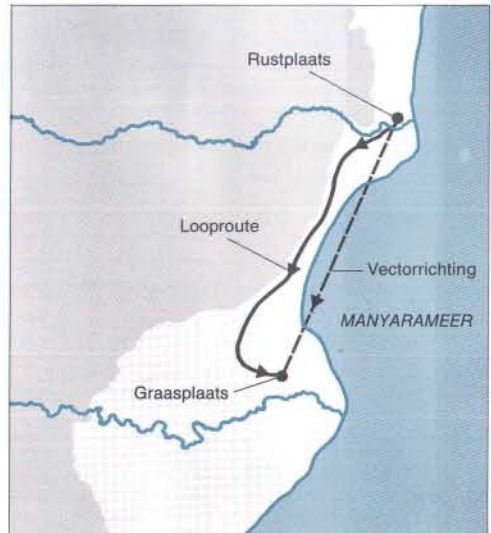
1



2

van dat gras telt ook mee. Een gans heeft gras nodig met een eiwitgehalte van tenminste elf procent. Dergelijk gras is slechts op een beperkt aantal plaatsen te vinden en dan nog is de hoge kwaliteit van tijdelijke aard. Individuele ganzen treffen op zo'n plek echter voedsel in overvloed aan, zij zien elkaar daar dus niet als voedselconcurrenten. Voor ganzen, maar ook voor andere graseters is het voordelig hun soortgenoten te informeren over de tijdelijke overvloed, want wanneer de kwaliteit van het gras daalt moet het individu op zoek naar een alternatief. Informatie van soortgenoten kan een moeizame speurtocht naar een nieuw fourageergebied voorkomen: als ik jou nu help, dan help jij mij straks.

Uit een vergelijking tussen vogelsoorten blijkt dat vogels die plantaardig voedsel eten vaker in groepen leven dan vogels die dierlijk



3



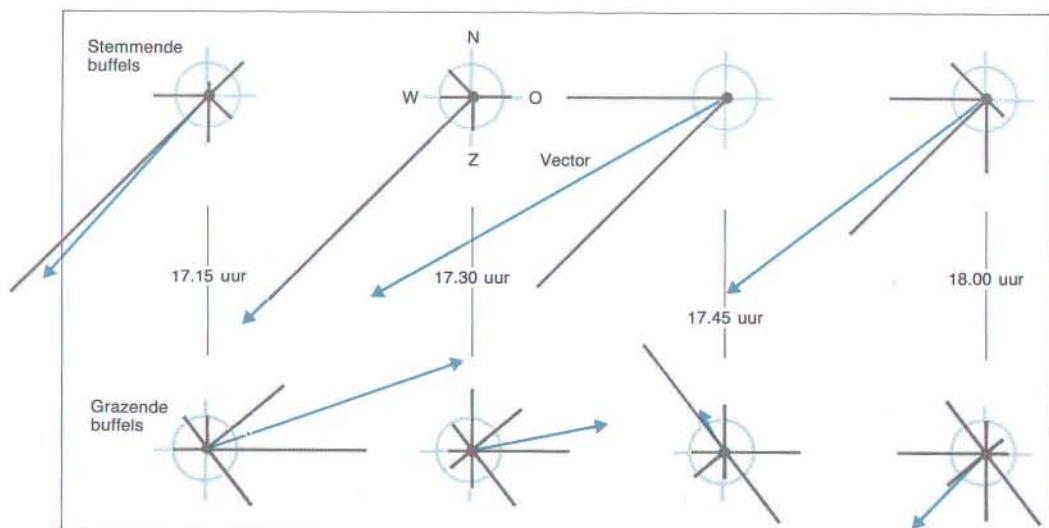
bepalend voor de uiteindelijke beslissing. Op die manier wordt ook recht gedaan aan de voorkeur van zoveel mogelijk groepsleden.

### Stemmende buffels

Middag in het Lake Manyara National Park in Tanzania. In het korte, groene gras aan de oever van het meer ligt een kudde buffels te herkauwen. Zo af en toe staat een volwassen koe op en blijft met haar kop in een bepaalde richting staan. Na een minuut of twee gaat ze weer liggen, maar ondertussen zijn alweer andere koeien opgestaan. Als tegen zes uur in de avond de zon verdwijnt achter de rotswand van de Grote Afrikaanse Slenk, waarin Manyara gelegen is, staan de buffels op. Ze gaan op weg naar de plaats waar ze 's nachts zullen grazen. De richting waarin de buffels lopen lijkt

willekeurig gekozen, maar wanneer ze in het graasgebied aankomen blijkt dat precies te liggen in de richting die de meerderheid van de koeien 's middags met de kop heeft aangewezen. De kudde heeft een route gevolgd die niet rechtstreeks naar die plaats leidde, een moeras of een rots kan dat verhinderd hebben, maar het uiteindelijke doel was al in een meerderheidsbesluit vastgelegd.

Eén van de auteurs van dit artikel, Herbert Prins, deed onderzoek naar de keuze van graasgebieden door Afrikaanse buffels, *Synceus caffer caffer*. Terwijl hij een kudde volgde, viel hem op dat de buffelkoeien tijdens de rustpauze in de middag zo af en toe opstonden en een paar minuten met de kop in een bepaalde richting bleven staan. De kijkrichting van de koeien stelde hij met behulp van een kompas vast. Later berekende Prins de vector die de

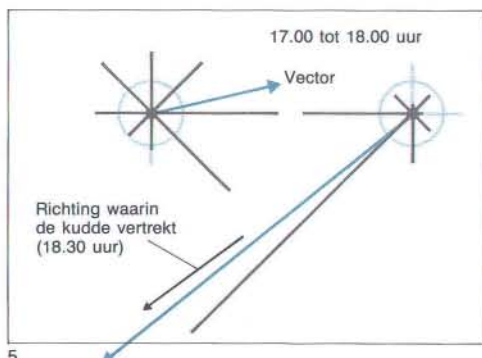


1 en 2. Bijna-volwassen en volgroeide buffels zijn aan de vorm van hun kop van elkaar te onderscheiden. Bij de jongere dieren zijn

de hoornknobbels nog behaard en aaneengesloten. Individuele buffels zijn te herkennen aan hun rafelige oorrand.

3, 4 en 5. De resultante vector van de koprichting van stemmende buffels heeft duidelijk een bepaalde richting, in tegenstelling tot die van grazende buffels, die van tijd tot tijd

verandert. De plek waar de buffelkudde gaat grazen (3) ligt precies in de vectorrichting, al moeten de dieren soms een omweg maken om daar te komen.



verschillende kijkrichtingen het best samenvat-  
te. Die vector bleek tot op enkele graden  
nauwkeurig de richting aan te geven waarin de  
nachtelijke eindbestemming van de kudde ge-  
legen was.

### Stemgerechtigden

Hoewel menselijke vooringenomenheid een  
onderzoeker van diergedrag gemakkelijk op  
het verkeerde spoor kan zetten, lijkt het erop  
dat dit gedrag opgevat kan worden als een  
stemming, waarin de buffelkoeien dagelijks  
hun graasgebied kiezen. Het 'referendum' is  
het best te vergelijken met wat in de menselijke  
samenleving als *meritocratie* wordt aangeduid:  
stemrecht op grond van verdienste. De stemge-  
rechtigden zijn koeien die een kalf hebben en  
waarschijnlijk ook de koeien die in het verle-  
den een kalf hebben grootgebracht. Het kalf  
vormt hun verdienste. Deze koeien zijn de  
eerste belanghebbenden bij een goede keuze  
van het graasgebied. Zij moeten niet alleen  
voor hun eigen voedsel zorgen, maar ook voor  
de melkproductie ten behoeve van het kalf.  
Regelmatige, eiwitrijke voeding is een voor-

waarde voor die produktie. Naar alle waar-  
schijnlijkheid zijn de leden van de kudde voor  
wie de grootste belangen op het spel staan ook  
degenen die het best op de hoogte zijn van het  
voedselaanbod in de verschillende gebieden.  
Zij zijn bijgevolg het meest deskundig en de  
kudde doet er verstandig aan hun oordeel te  
volgen.

Stieren en kalveren zijn niet in de besluitvor-  
ming betrokken. Kalveren volgen eenvoudig  
hun moeder en stieren behoren niet tot de di-  
recte belanghebbenden. Zo af en toe lijkt een  
stier zich wel als leider op te werpen, maar  
wanneer de richting die hij kiest naar een plek  
voert die niet door de meerderheid van de  
koeien is gekozen, negeren zij zijn inbreng.  
Zolang een stier in de kudde verblijft is voort-  
planting zijn grootste zorg en heeft hij veel tijd  
nodig om een plaats in de hiërarchie van de  
stieren te veroveren. Tijd om voldoende te eten  
ontbreekt dan, de stier verzwakt en verlaat na  
verloop van tijd de kudde om aan te sterken.  
Ook volwassen koeien die nooit een kalf had-  
den of het hebben verloren, tellen waarschijn-  
lijk niet mee in de stemming. Hier is sprake  
van een vermoeden, de gegevens laten nog



6

6. Ethiopische mantelba-  
vianen spreken voor ze op  
stap gaan de plek af waar

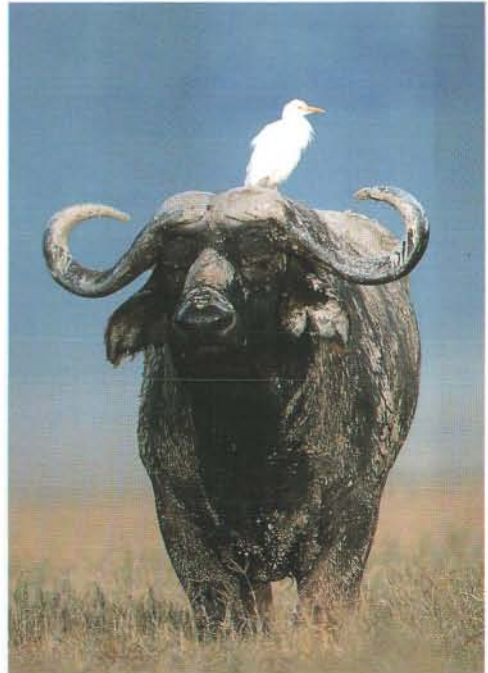
ze elkaar later op de dag  
weer zullen ontmoeten.

7. Koereigers houden zich  
vrijwel steeds op en om de  
buffels op. Ze leven van de  
insekten en de larven die  
op de runderen afkomen.

Omdat de vogel de buffels  
ontdoet van lastige para-  
sieten, accepteren ze zijn  
opdringerige gedrag.

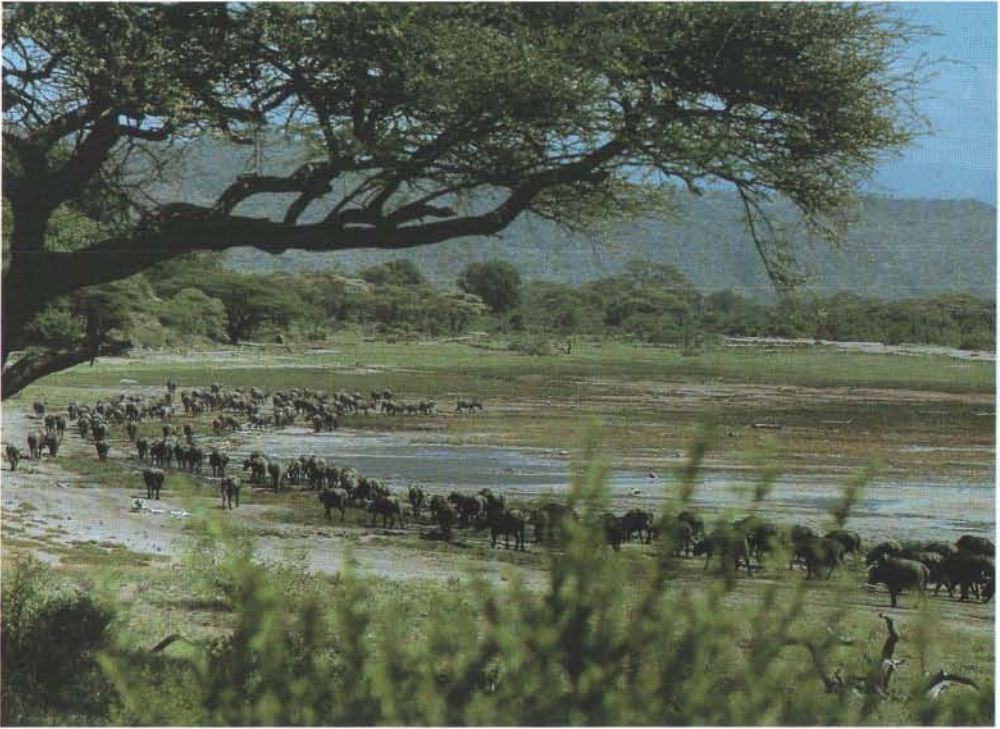
8. Een kudde buffels trekt  
langs het Manyarameer  
naar de graasplek waar ze

per referendum toe beslo-  
ten hebben.



7





8

geen harde conclusies toe. Nader onderzoek kan uitkomst bieden omdat in Manyara al jaren gegevens verzameld worden over individuele buffels, onder andere over welke koeien met succes een kalf hebben grootgebracht.

### Consensus

In het merendeel van de gevallen werken de koeien naar een consensus toe. Zij kunnen meer dan één keer hun stem uitbrengen. Een analyse van de vectoren in de tijd toont aan, dat vroeg in de middag de meningen doorgaans nog verdeeld zijn, maar dat tegen zons-  
ondergang de meeste koppen, tachtig tot negentig procent, in dezelfde richting wijzen. Hoe die meerderheid tot stand komt en of bijvoorbeeld de voorkeur van bepaalde koeien van invloed is op de keuze van andere koeien, kan op grond van de gegevens die tot nu toe verzameld zijn nog niet worden vastgesteld.

Koeien die zich van stemming willen onthouden blijven eenvoudig liggen. In de kijk-richting van deze liggende koeien valt geen re-

gelmaat te ontdekken, ze liggen met hun kop in iedere willekeurige richting. Mocht een enkele koe het niet met de groepsbeslissing eens zijn, dan zal zij toch de kudde volgen. Een eenzame koe met haar kalf loopt buiten de kudde te veel risico's. Wanneer zij echter om en nabij de honderd medestanders kan vinden is het verantwoord de kudde op te splitsen. Hier is sprake van wat in menselijke termen 'voting with your feet' genoemd kan worden: wie zich niet in een beslissing van de meerderheid kan vinden verlaat de groep. De beide groepen kunnen zich kilometers van elkaar verwijderen maar lijken, volgens waarnemingen van de schaarse gevallen waarin het tot een splitsing kwam, na een dag of twee weer 'naar elkaar toe' te stemmen. De kudde verenigt zich dan op één nachtelijk graasgebied.

### Keuzecriteria

De aard van het voedselaanbod speelt een voorname rol in de keuze van een graasgebied. De voedingswaarde van grassoorten verschilt



aanzienlijk en ook binnen de soorten blijken, afhankelijk van de plaats, verschillen op te treden. De koeien zorgen dat ze, indien mogelijk, niet te vaak op dezelfde plaats grazen. In buffelmest leven parasieten die naar de toppen van het gras kruipen en daar weer door buffels opgegeten kunnen worden. Die parasieten houden het in het gras ongeveer tien dagen vol. De buffels lijken hier rekening mee te houden, want binnen een periode van tien dagen komen ze alleen terug naar een reeds begraasd gebied wanneer er geen alternatieven zijn. Bij hun keuze moeten ze wel meewegen dat de eiwitopbrengst van een begraasd grasland enkele dagen na de begrazing het hoogst is. Door deze beperking van de begrazing wordt tegelijkertijd het gevaar op overbegrazing ingetoomd. Het leven in een groep stelt de hele kudde in staat gebruik te maken van de kennis, die ervaren koeien over dergelijke factoren hebben verzameld.

De aanwezigheid van roofdieren en dekingsmogelijkheden voor rovers, hebben over het algemeen geen invloed op de keuze van een graasgebied. De kudde graast rustig tussen de leeuwen, die de grootste bedreiging voor een buffel vormen. Het gevaarlijkst is het grensgebied tussen de grasvlakte langs het meer en het graasgebied in het bos, want daar vinden leeuwen tussen de schaarse struiken een bruikbare uitgangspositie voor de buffeljacht. De kudde kiest echter regelmatig een route die dwars door dergelijk terrein voert. De bescherming tegen predatoren is overigens wel een factor, die het voor een koe met haar kalf juist aantrekkelijk maakt in een kudde te leven.

Soms leidt een stemming niet tot een duidelijke beslissing. In dat geval hebben relatief weinig koeien zich in de procedure gemengd en dwaalt de kudde 's nachts doelloos rond in de buurt van de rustplek. Dit gebeurt vooral in de regentijd, wanneer overal goed voedsel te vinden is. Ook wanneer zich binnen de kudde veel agressie voordoet kan een stemming zonder beslissing blijven. Vaak splitst de kudde zich aan het eind van zo'n periode definitief.

### Mantelbavianen

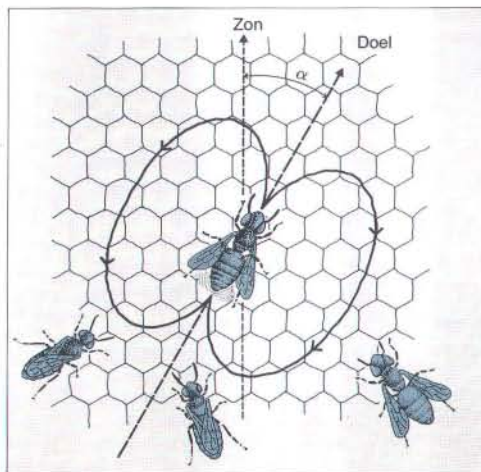
Het stemgedrag van buffels is niet uniek. De Zwitserse gedragsbioloog A. Stolba vond vergelijkbaar gedrag bij Ethiopische mantelbavianen, *Papio hamadryas*. Een bavianengroep

brenkt de nacht door op een 'kopje', een verhoging in het landschap. Bij zonsopgang klauteren de mannetjes een eindje naar beneden en kijken voor zich uit in een bepaalde richting. Op de hellingen vormen zich zo groepjes bavianen, waartussen net zo lang uitwisseling van individuele meningen plaatsvindt tot zich een meerderheid gevormd heeft. Wie zich van stemming wil onthouden klimt wel naar beneden, maar blijft naar de grond kijken. Na de stemming splitst de groep zich in clans die onder leiding van een mannetje naar alle windstreken vertrekken. Later op de dag ontmoeten de clans elkaar echter weer bij een drinkplaats, die precies in de richting ligt die tijdens de stemming was gekozen.

Buffels en mantelbavianen stemmen om tot een beslissing te komen die voor de meerderheid van de stemgerechtigden aanvaardbaar is. Volgens menselijke maatstaven zou aan een



9



10



dergelijke onderlinge raadpleging een uitwisseling van informatie en argumenten vooraf moeten gaan. Of buffels en mantelvavianen argumenten uitwisselen, valt bij gebrek aan gegevens niet te zeggen. Van enkele vogels en insecten is wel bekend dat ze dat doen. Ganzen en bijen wisselen informatie uit op grond van afspraken die bij alle betrokkenen bekend zijn. Bijen vertonen bovendien gedrag dat kan worden opgevat als een pleidooi voor hun visie.

### Bijendans

De Oostenrijkse bioloog Karl von Frisch onderzocht de communicatie onder bijen. Voor zijn werk kreeg hij in 1973 de Nobelprijs, samen met Konrad Lorenz en Nikolaas Tinbergen. Von Frisch ontdekte dat de verkenner in een bijenvolk aan de vliegbijen (bijen ken-

nen een duidelijke arbeidsverdeling) informatie doorgeven over de afstand tot een nieuwe voedselbron en de richting waarin deze gelegen is. Vliegbijen vliegen aan de hand van deze informatie doelgericht op de voedselbron af. De verkenner communiceren door middel van een dans waarin vaste patronen te ontdekken zijn, die de vliegbijen herkennen. De snelheid van de dans vormt een indicatie voor de afstand en hier kunnen misverstanden ontstaan. Oudere bijen worden trager in hun bewegingen en geven daardoor onjuiste berichten door.

Bij het zoeken naar een nieuwe nestplaats treedt eenzelfde ritueel op. Verkenner onderzoeken de omgeving en brengen al dansend hun bevindingen over aan de zwerm. De verkenner die de beste lokaties hebben ontdekt, dansen het meest energiek en het langst. In menselijke termen zou men kunnen zeggen dat zij hun zaak het krachtigst bepleiten. Andere



9 en 10. Karl Von Frisch kreeg in 1973 de Nobelprijs voor zijn onderzoek aan het sociaal gedrag van honingbijen. Hij ontdekte onder meer hoe bijen elkaar informeren over de plaats waar zich een voedselbron of nestgelegenheid bevindt. De bijen doen dat door op een verticale raat een achthoekige dans uit te voeren. De hoek die het middenstuk van de 'acht' daarbij maakt met een verticale lijn, komt overeen met de hoek die de richting van de zon en van het doel vanuit de bijenkorf met elkaar maken.

11. Bij het zoeken naar een nieuwe nestplaats zwermen verkenner af en aan, terwijl de rest van het volk wacht tot zij een geschikt onderkomen hebben gevonden. De imker kan een nestplaats forceren, door een korf over het volk te schuiven en het van de tak te schudden.

bijen krijgen belangstelling en gaan de aangeprezen lokatie inspecteren. De richting en de afstand kunnen zij weer uit de dans van de verkenners afleiden. Langzamerhand gaan steeds meer bijen dezelfde plaats aanwijzen. Wanneer er overeenstemming is bereikt vertrekt de zwerm naar de nieuwe nestplaats.

### Informatie-centra

Ook vogels die in groepen leven, maar individueel fourageren, kennen een uitwisseling van informatie, al komt hier kennelijk geen stemgedrag aan te pas. Prins onderzocht het keuze-gedrag van brandganzen, *Branta leucopsis*, op Schiermonnikoog. In de winter overnachten de vogels op de kwelder en ze vliegen of lopen 's ochtends naar een bepaalde plaats op het wad waar ze schijnbaar weinig uitvoeren. Dat is opmerkelijk, want een Nederlandse winter-

dag is kort en de schaarse tijd die er is om te fourageren moet zo goed mogelijk benut worden.

De ganzen hebben echter een goede reden om hun tijd op het wad door te brengen. Daar blijkt zich namelijk een 'informatie-centrum' te bevinden, waar de brandganzen gegevens uitwisselen over de hoeveelheid en de kwaliteit van het gras in de verschillende voedselgebieden. Regelmatig komen groepen ganzen van het vasteland naar de verzamelplaats, waar ze elkaar goed in de gaten houden. Als er veel vogels poolshoogte komen nemen, dan zal het voedsel elders schaars en van slechte kwaliteit zijn. Bovendien kijken de vogels naar elkaars conditie; het kan zinvol zijn degenen die goed zijn gevoed te volgen. Op grond van deze gegevens neemt elke brandgans vervolgens individueel een beslissing over de plaats waar hij die dag gaat grazen.





12. Een bij voert een dans uit om de omstanders te informeren over de voedselbron die zij zojuist bezocht heeft. Tijdens het doorlopen van het rechte stuk van de dans maakt de bij een kwispelbeweging.

13. Brandganzen letten goed op elkaars conditie. Het kan gunstig voor ze zijn om een weldoorvoede soortgenoot te volgen naar zijn fourageerplaats, die waarschijnlijk veel voedsel biedt.



13

In tijden van voedselschaarste is de keuze van een goede fourageerplaats van levensbelang, maar wegen het tijdverlies op het informatie-centrum en de energie die een vliegtocht kost, op tegen de winst die het betere voedsel oplevert? De duur van de informatie-uitwisseling hangt samen met het tijdstip waarop de ganzen de avond tevoren naar hun rustplaats gingen. De uitwisseling duurt langer naarmate dat tijdstip later in de avond viel, wat wil zeggen dat de ganzen langer in hun fourageergebieden bleven. Lang fourageren duidt op slecht of schaars voedsel en dus nadert de beslissing over vertrek naar een ander gebied. De ganzen hebben daarom behoefte aan informatie over alternatieven en besteden veel tijd aan het inwinnen daarvan. Daarnaast blijkt dat met het dalen van de temperatuur — en daarmee de groeisnelheid van het gras — het aantal ganzen dat een informatie-centrum bezoekt toeneemt, en dat de dieren daar langer verblijven. Deze waarnemingen ondersteunen de gedachte dat ganzen, net als andere in groepen levende vogels en zoogdieren, volgens vaste afspraken gegevens uitwisselen die bijdragen aan de overleving van het individu.

Na de ontdekking dat mensen niet de enigen zijn die werktuigen hanteren (aasgieren en zeeotters doen dat ook), werktuigen fabriceren (chimpansees), uitvindingen doen (Japanse

makaken) of politiek-strategisch handelen (chimpansees), blijken de uitwisseling van argumenten en het referendum nu ook al geen menselijke privileges te zijn. Lang voordat Thucydides in het oude Griekenland de eerste gedachten over de democratie formuleerde, zetten Afrikaanse buffels de koppen al in dezelfde richting.

#### Literatuur

- Prins H. The buffalo of Manyara. Groningen: Proefschrift RUG, 1987.  
 Ydenberg RC, Prins H. Why do birds roost communally? Cambridge: Evans PR, Goss-Custard JD, Hale WG. red. Coastal waders and wildfowl in winter, Cambridge University Press, 1984.  
 Ydenberg RC, Prins H, Dijk J van. The post-roost gatherings of wintering Barnacle Geese: information centres? Ardea 1983: 71.  
 Stolba A. Entscheidungsfindung in Verbänden von *Papio hamadryas*. Universität Zürich, 1979.  
 Lindauer M. Verständigung im Bienenstaat. Stuttgart, 1975.  
 Gould JL, Gould CG. The honey bee. New York: Scientific American Library, 1988.

#### Bronvermelding illustraties

- Bruce Coleman Ltd, Uxbridge, GB: pag. 966-967, 6 en 7  
 Foto-Sessner/Ludwig-Maximilians-Universität, München, D: 9  
 Vereniging tot bevordering der bijenteelt in Nederland, Wageningen: 11  
 Kenneth Lorenzen/uit: The honey bee. Scientific American Library, New York: 12.  
 De overige afbeeldingen zijn afkomstig van de auteurs, met dank aan H.J. Roersma voor afb. 13.

# ANALYSE & KATALYSE

INTEGRATIE VAN WETENSCHAP EN TECHNOLOGIE IN DE SAMENLEVING

Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

## NEE, WERKELIJK, HEEFT U NOG GEEN CD-SPELER?

Simon Rozendaal

Geavanceerde techniek is als heroïne; wie er eenmaal mee in aanraking is geweest is redeloos verloren. Neem de CD-speler. Net zoals heroïne aangeprezen wordt als het middel dat al je zorgen doet vergeten, beloofden Philips en consorten dat wie de oude vertrouwde zwarte vinylplaat verving door de futuristisch blinkende compact disc, zou binnentreden in het nirwana van de perfecte muziek – geen ruis, geen kras, zelfs het ritselen van de bladmuziek kon je horen.

Vervolgens treedt het syndroom in werking waarvoor de Amerikanen zo'n mooie uitdrukking hebben: *Keeping up with the Jones's*. De buurman heeft een CD-speler, de collega, de ouders van het vriendje van je zoon, 'goh, hebben jullie nog geen CD-speler?', de reclame – enfin, langzaam gaat de bezitter van een ouderwetse grammofoon zich fossiel voelen.

Vervolgens valt het nieuwe hebbeding tegen. Het geluid is mooi, maar niet echt perfect, krassen blijk je wel degelijk te horen, maar niet getreurd, want binnenkort komt er een nog beter weergavesysteem: een 18-bits CD-speler, of juist

***'Keeping up with the Jones's' als verklaring voor het gegeven dat niersteen-vergruizers, cd-spelers, kerncentrales en insuline-pompjes zo verslavend werken***





een éénbitter, de DAT-recorder, enzovoort, enzovoort.

Een dergelijk patroon lijkt algemeen als het om techniek gaat. Of het nu huiskamer-elektronica betreft dan wel de introductie van kerncentrales door nationale overheden, de fasen van (1) het beloofde nirwana, (2) *keeping up with the Jones's* en (3) de teleurstelling die de hoop op een nieuw nirwana voedt, maakt een nieuwe technische vinding bijna altijd door.

Vreemd is dat terwijl techniek de maatschappij steeds dieper doordringt, er betrekkelijk

weinig sociaal-wetenschappelijk onderzoek wordt gedaan naar het hoe en waarom van de verslavende werking van techniek. Een uitzondering vormt het Studiecencentrum voor Technologie en Beleid (STB) van TNO in Apeldoorn. Ongeveer twintig STB-medewerkers houden zich sinds 1981 bezig met het bestuderen van de wijzen waarop de samenleving op technologie reageert.

Drs H.W. Vrolijk bestudeert bijvoorbeeld samen met drs T.C.M. Weijers en drs G. Straten de introductie van medische technieken in de maatschappij. De drie TNO-onderzoekers hebben onlangs enkele case-studies rond dit thema verricht.

### Slokop

Eén daarvan is de niersteenvergruizer – de methode om nierstenen (en andere urine-wegstenen) met ultrasoon (onhoorbaar) geluid te verbrijzelen. Het aantrekkelijke van de techniek is dat er geen bloed bij vloeit (in het medische jargon: het is een *non-invasieve* methode), het nadeel ervan is dat de niersteenvergruizer kostbaar is: de eerste koste 4,5 miljoen, inmiddels is de prijs gezakt maar het apparaat kost nog altijd een slordige 2,5 miljoen.

Ogenschojnlijk lijkt goed nagedacht over de komst van de niersteenvergruizer. De Gezondheidsraad heeft bijvoorbeeld in 1986 een studie gemaakt van de behoeften aan het nieuwe apparaat. Daaruit kwam naar voren dat er plaats was voor vier apparaten in Nederland en dat er jaarlijks zo'n drieduizend behandelingen plaats zouden vinden.

Nadat de overheid eerst enige tijd had voorgeschreven (via

de zogeheten artikel 18 regeling) dat slechts enkele ziekenhuizen een niersteenvergruizer mochten aanschaffen, gaf in 1987 staatssecretaris Dees van Volksgezondheid de niersteenvergruizer vrij. Ieder ziekenhuis mocht er één aanschaffen op voorwaarde dat men binnen het afgesproken budget bleef.

De werkelijkheid bleek toen geheel anders te verlopen dan de Gezondheidsraad had voorspeld: in 1988 waren er negen in plaats van vier niersteenvergruizers in Nederland en werden er 7500 in plaats van 3000 behandelingen uitgevoerd. De niersteenvergruizer die als een kostenbesparende technologie werd toegejuicht ontapte zich juist als een slokop.

Hoe komt dat? Het eerder genoemde model van de drie fasen waar veel nieuwe technieken doorheen gaan, biedt uitkomst. De niersteenvergruizer bleek een behoefte te kweken die veel groter was dan men in eerste instantie had ingeschat. *Keeping up with the Jones's* dus.

Drs H. Vrolijk: "Er ontstond een druk van de fabrikanten van niersteenvergruizers, de medici, de Nierstichting en de publieke opinie. Het begon met de fabrikant van de eerste niersteenvergruizer, het Duitse bedrijf Dornier. Die ging toonaangevende urologen benaderen. Vervolgens raakten andere urologen geïnteresseerd, vooral uit intellectuele nieuwsgierigheid. Voor de ziekenhuisdirecties ging de status spelen, de concurrentie met andere ziekenhuizen. De media gingen jubelend over de niersteenvergruizer schrijven. Vervolgens belden patiënten de Nierstichting op en klaagden dat hun uroloog geen niersteenvergruizer had en of ze de naam en het adres van een uroloog konden krij-

**De STB-onderzoekers Geert-Jan Straten, Thea Weijers en Hein Vrolijk (Foto: Martin van de Poel)**

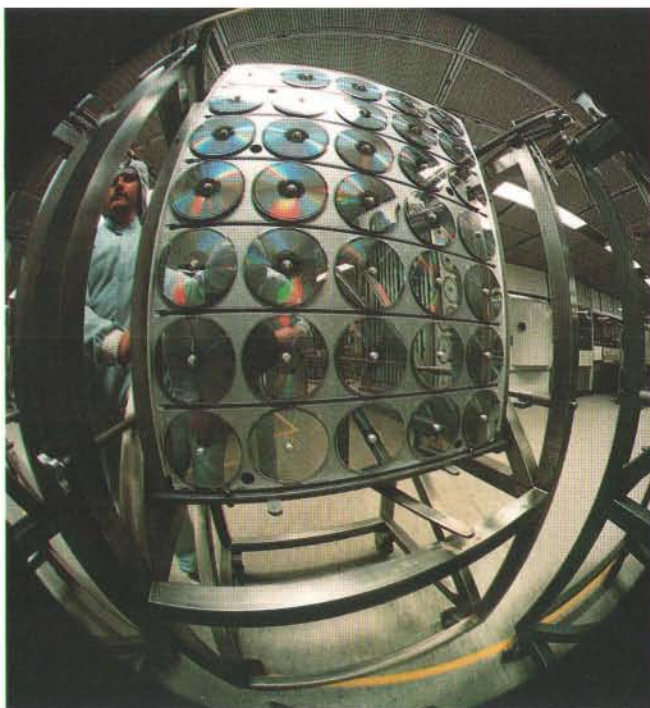




gen die wel een niersteenvergruizer had."

Is dit een bekend mechanisme, daar is de vraag hoe de Gezondheidsraad er zo naast kon zitten niet echt mee beantwoord. Hoe kunnen er 7500 behandelingen met een niersteenvergruizer plaats hebben als de behoefte maar 3000 is? Gezonde mensen laten zich toch niet voor hun plezier met zo'n apparaat behandelen? Daar zit nu net de kneep. Het antwoord is immers ja: in feite laten gezonde mensen zich wel degelijk met de niersteenvergruizer behandelen.

Veel mensen hebben namelijk kleine nierstenen waar ze nog geen echte last van hebben, maar die in de toekomst wel eens voor overlast zouden kunnen zorgen. Dit is overigens allesbehalve vanzelfsprekend: zo'n tachtig procent van de mensen met nierstenen



***"Patiënten belden de Nierstichting op en mopperden dat hun uroloog nog geen niersteenvergruizer had."***

raakt de hinderlijke bagage na verloop van tijd geruisloos kwijt. Voor alle zekerheid laten echter nogal wat urologen deze kleine steentjes ook alvast vergruizen.

Drs H. Vrolijk: "Een uroloog zei ons: 'mijn patiënt heeft er nu weliswaar geen last van maar hij heeft een druk beroep, stel je voor dat hij net op zakenreis is in Japan en dan last van zijn nierstenen krijgt. Een kleine behandeling met de niersteenvergruizer voorkomt dat risico'."

Hoe noemde Ivan Illich dat ook al weer in zijn *The medical nemesis*? Inderdaad, je reinste *medicalisering*: mensen die niet ziek zijn worden toch als zodanig behandeld. Ook bij de niersteenvergrui-

zer zijn de eerdergenoemde drie fasen te herkennen. Allereerst het belofde nirwana. De niersteenvergruizer is een uiterst geavanceerd apparaat met veel beloften. Patiënten hoeven niet onder het mes maar slechts een paar minuten geheel pijnloos onder een apparaat te liggen. Men hoeft niet één à twee weken in een ziekenhuis, gevolgd door enkele weken herstel van de ingreep en de narcose, en men mist de onzekerheid dat men deze hele procedure door moet maken en de nierstenen uiteindelijk niet gevonden worden.

Vrolijk: "Men wil steeds minder vaak polonaise aan het lijf en daar past de niersteenvergruizer uitstekend in." De

staatssecretaris van het Amerikaanse departement van volksgezondheid noemde de niersteenvergruizer destijds dan ook een 'authentiek modern wonder'. Tenslotte is de niersteenvergruizer voor urologen financieel aantrekkelijk: men incasseert hetzelfde tarief als bij een operatie terwijl het veel minder tijd kost en men het bij wijze van spreken aan een assistent kan overlaten.

Vervolgens komt de fase waarin de techniek zijn verslavende werking doet gelden en steeds meer mensen (patiënten, urologen, ziekenhuizen en tenslotte het hele gezondheidsstelsel) *hooked* raken. Uiteindelijk komt de kater: het apparaat kost veel meer dan gedacht, niet elke niersteenvergruizer blijkt even goed te zijn en urologen voelen zich gereduceerd tot knoppenbedieners.





*CD's en kernenergie: prachtige nieuwe techniek en de burens hebben het ook (foto's: Philips en Atomic Energy of Canada Ltd)*

### **Goedkope insulinepomp**

Een andere studie betreft de introductie van de insulinepomp. Dat is in tegenstelling tot de niersteenvergruizer, een betrekkelijk goedkope techniek: de insulinepomp die aan het eind van de jaren zeventig op de markt kwam, kost zo'n drie- à vierduizend gulden. Voor de suikerzieke heeft de pomp het voordeel dat hij een betere controle heeft op de bloedsuikerspiegel.

Terwijl diabetici zich twee keer per dag een insuline-injectie geven, waardoor in vergelijking met gezonde mensen grillige schommelingen in het bloedsuikergehalte ontstaan, kan men met de insulinepomp in principe de natuurlijke schommeling van het bloedsuikergehalte tussen de diverse maaltijden betrekkelijk goed benaderen. Op lange termijn heeft dit een positieve in-

vloed op zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het leven van een suikerzieke.

Bij TNO heeft men geconcludeerd dat de insulinepomp weliswaar in 1986 door het ziekenfonds geaccepteerd is, maar dat er in tegenstelling tot de niersteenvergruizer nogal voorzichtig is gereageerd door de medische stand.

Terwijl de insulinepomp voor suikerzieken heel veel aantrekkelijke kanten bezit, zijn artsen bepaald niet jubelend. Vooral in het begin moet een arts veel tijd aan de begeleiding van diabetici met een insulinepomp geven. Weijers: "De arts krijgt hetzelfde maar moet er meer tijd in stoppen." De internist moet de suikerzieke helpen de pomp te leren kennen en bedienen, hij moet de patiënt leren hoe die zijn eigen glucosespiegel meet en hij moet ook nog eens zo'n

insulinepomp aanvragen bij het ziekenfonds.

De praktijk is dan ook dat in Nederland het gebruik van de insulinepomp niet erg wijdverbreid is. Duitsland, waar vijf à tien procent van de diabetici de pomp hanteert, is bijvoorbeeld verder. In Nederland hangt het vooral van het enthousiasme van de internist af hoeveel diabetici een insulinepomp gebruiken: rond Eindhoven zijn er bijvoorbeeld maar enkele pompjes in gebruik, terwijl in Zwolle, door het enthousiasme van een internist aldaar, tien procent van de diabetici het insulinepompje gebruikt. Conclusie van het STB, dat zich bij de studies van medisch-technische ontwikkelingen nadrukkelijk als buitenstaander opwerpt: ook hier vindt geen rationele besluitvorming plaats over de technologie. Net als bij de nier-



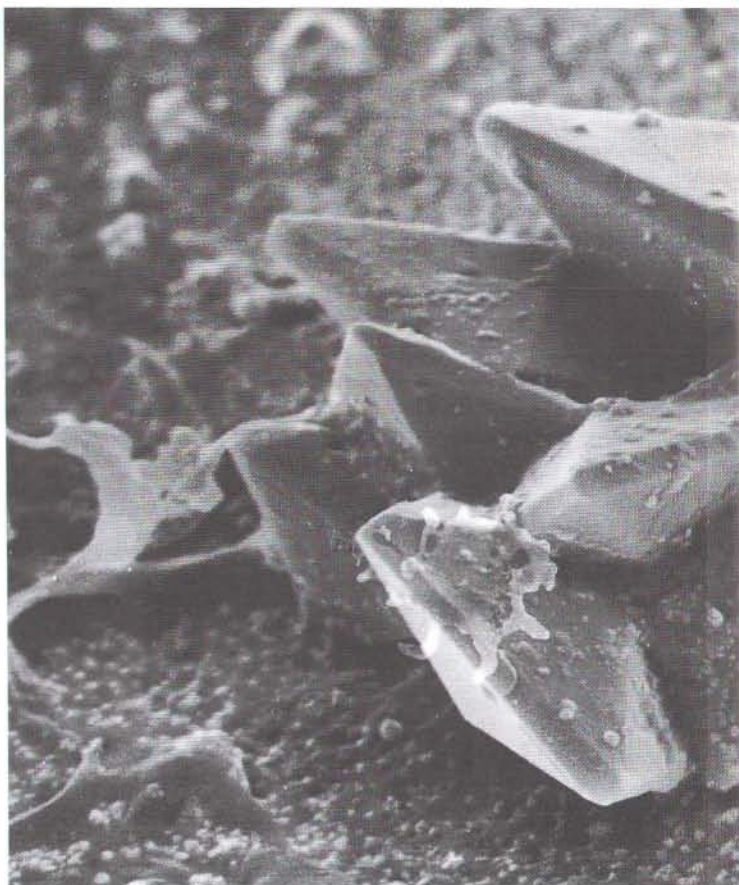
steenvergruizer laat de medische wereld de ontwikkeling over zich heen komen. In het ene geval (de niersteenvergruizer) zal een nieuwe techniek de wind mee hebben, in het andere geval (de insulinepomp) de wind tegen, maar dat staat betrekkelijk los van de kwaliteit van de techniek zelf.

### **Cholesterolverlaging**

In de praktijk blijkt technologie heel vaak een autonoom proces te zijn: het spoelt over de samenleving heen, verandert die samenleving, maar de betrokkenen, overheden zowel als consumenten, hebben er nauwelijks invloed op.

Het vreemde is dat op papier technologie helemaal niet autonoom is: er worden – zie de CD-speler, de kerncentrales, de niersteenvergruizer en de insulinepomp – voortdurend beslissingen genomen of nagelaten. Toch blijkt het keer op keer weer heel moeilijk om technologie echt te sturen. Eén van de complicaties is dat er een 'controle-dilemma' is: "in het beginstadium van een technologische ontwikkeling zijn er nog allerlei mogelijkheden tot beïnvloeding, maar is er weinig bekend over de effecten of consequenties van bepaalde opties. In een later stadium zijn de effecten wel bekend, maar blijkt de technologische ontwikkeling onomkeerbaar en moeilijk beheersbaar."

En al poneert het STB in zijn jaarverslag ferm dat technologie het resultaat van een maatschappelijk selectieproces is ("in de visie van het Studiecentrum is technologie een te beïnvloeden ontwikkeling"), de drie bij de medische technologie betrokken onderzoekers – Straten, Vrolijk en Weijers – geven toe dat er maar weinig succesvoorbeel-



### ***Velen gaan liever aan een pil dan dat ze een kroket laten staan***

den zijn, waar men een nieuwe techniek inderdaad weloverwogen in de samenleving heeft geïntroduceerd.

Vrolijk: "In deze tijd wordt het er ook niet makkelijker op. De trend is deregulering: de overheid moet zich steeds meer terugtrekken. Wil de samenleving invloed hebben op nieuwe technologie dan zal de overheid daartoe toch de voorwaarden moeten scheppen. Net zoals de overheid een functie heeft bij het voorkomen van criminaliteit om de maatschappelijke orde te

bewaken, zou de overheid bij de introductie van nieuwe technieken de technologische orde moeten bewaken: er op toezien dat de verschillende technologische alternatieven eerlijk met elkaar kunnen concurreren, er voor zorgen dat de verschillende maatschappelijke groeperingen de kans krijgen mee te spreken over de voor- en nadelen van de diverse technieken."

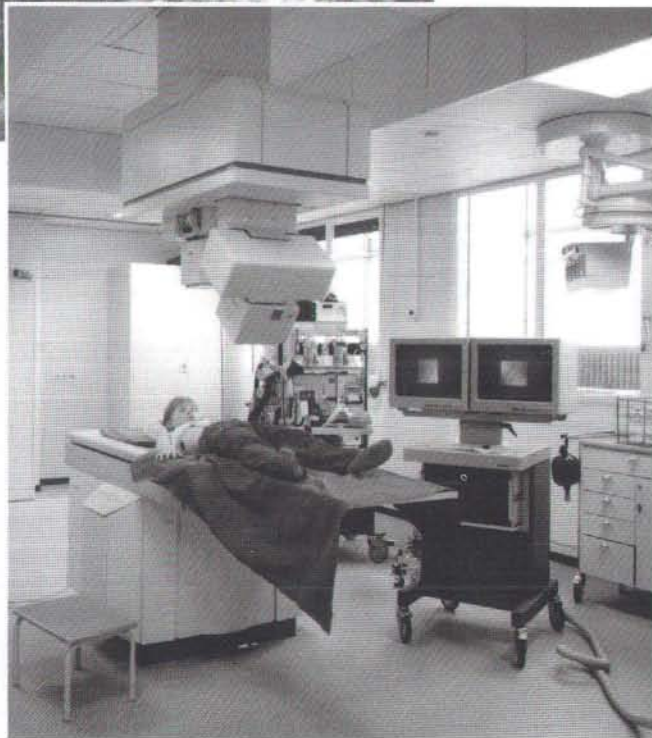
Het gebied van medische technologie biedt tal van mogelijkheden voor dergelijke studies. Een nieuwe slokop –





**Beginnende nierstenen kunnen vervelend zijn, maar verdwijnen meestal ook zonder vergruizer**

**De niersteenvergruizer: duur door preventief gebruik (foto: V. Nykl, Audiovisueel Centrum EUR/AZR Rotterdam)**



dit keer nog veel groter dan de niersteenvergruizer — dient zich bijvoorbeeld al weer aan. Het betreft het nieuwe cholesterolverlagende middel simvastatine (Zocor). Dit middel, dat sinds januari in Nederland verkrijgbaar is, heeft een krachtige invloed op de cholesterolspiegel van het bloed maar is betrekkelijk kostbaar — een rijksdaalder (50 F) per gebruiker per dag en veel gebruikers zullen het middel levenslang moeten slikken. Bovendien zit een groot deel van de Nederlandse bevolking officieel op een te hoge cholesterolspiegel.

De kans is aanwezig, zo is al van diverse kanten gewaarschuwd, dat doodeenvoudig door het ter beschikking zijn van dit nieuwe krachtige middel een groot deel van de bevolking opeens 'ziek' wordt verklaard. Wanneer het verlagen van de cholesterolspiegel door middel van een veranderde voeding niet lukt, moeten al die mensen wellicht het nieuwe middel slikken, en velen gaan liever aan een pil dan dat ze een kroket laten staan. Aldus kan er een enorme kostengroei in de gezondheidszorg optreden (meer dan een miljard gulden per jaar, bijna evenveel als de totale kosten van alle geneesmiddelen bij elkaar).

Gezondheidseconomen in Rotterdam hebben een poging gedaan om de diverse voor- en nadelen van simvastatine in kaart te brengen: de kosten van de behandeling versus de uitgespaarde kosten omdat minder hartoperaties verricht hoeven te worden. Daaruit kwam naar voren dat de kosten per gewonnen levensjaar ongeveer dertigduizend gulden zijn wanneer simvastatine zou worden gegeven aan alle mannen tussen 35 en 50 jaar met een verhoogde cholesterolspiegel.



Voor veel suikerpatiënten is het insuliepompje een aangenaam alternatief voor de dagelijkse injectie (foto: Nordisk BV)

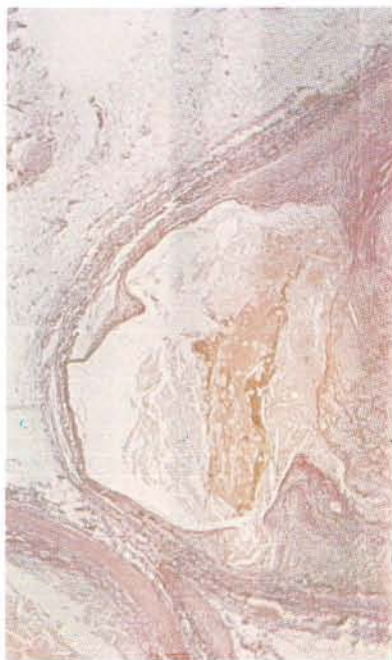
### Hoe dan?

Hoe moet het dan? Hoe kan nieuwe medische technologie op een verantwoorde wijze worden toegepast? TNO-onderzoeker Weijers: "In de eerste plaats kan men niet volstaan met een simpele behoeftenraming of een kosteneffectiviteits-analyse zoals de Gezondheidsraad heeft gedaan in het geval van de niersteenvergruizer."

Bij het Studiecentrum voor Technologie en Beleid bepleit men *technology assessment*: 'een studie van de dynamische wisselwerking tussen een techniek en de samenleving, waarbij men oog heeft voor de aard van de innovatieprocessen'. Vrolijk: "Als men alleen de behoeften raamt voor een niersteenvergruizer komt men te laag uit. De behoefte is im-

mers het vervangen van een operatie, maar een nieuwe techniek blijkt in gebruik vaak heel andere behoeften te bevredigen. Wij kiezen voor een andere benadering, waarbij men de technisch-medische ontwikkeling meer als een proces ziet."

Wat had gemoeten, aldus de TNO-onderzoekers, is in eerste instantie een beperkt toelatingsbeleid waarbij men de ervaringen met de eerste niersteenvergruizers ook voor een evaluatie-onderzoek zou gebruiken. Vervolgens zou men na verloop van tijd zoveel mogelijk mensen die bij de nieuwe technologie betrokken zijn bij elkaar moeten brengen en een gedegen besluitvorming op gang proberen te brengen. Straten: "Dan moet men op een gegeven moment ook een tijdstip





kiezen waar over opname in het ziekenfondspakket beslist kan worden op basis van voldoende informatie."

Een van de problemen bij de niersteenvergruizer was dat er geen goede afweging tussen de diverse technische alternatieven is gemaakt. Niet tussen de diverse niersteenvergruizers maar vooral ook niet tussen de niersteenvergruizer en de zogenoemde *percutane* methode. Bij die methode, die vanaf 1981 al de operaties terugdrong maar vervolgens snel het loodje legde tegen de niersteenvergruizer, maakt men een kleine nierpunctie, kijkt met een optisch instrument (de nefroscop) en verwijdt vervolgens de nierstenen. Wel een operatie dus

maar een veel minder ingrijpende. Deze behandeling is minstens even goed als het vergruizen en de kosten zijn nauwelijks hoger.

Die methode heeft veel aantrekkelijke kanten, alleen heeft de *percutane* methode, in tegenstelling tot de niersteenvergruizer, geen lobby van fabrikanten en patiëntenvereniging die druk uitoefenen op de medische wereld. Vrolijk: "over de *percutane* methode hebben de media geen jubelverhalen geschreven en ook de Gezondheidsraad heeft in zijn rapport over de niersteenvergruizer de *percutane* methode vrijwel onbesproken gelaten."

TNO-onderzoeker Vrolijk: "In al dit soort gevallen moet

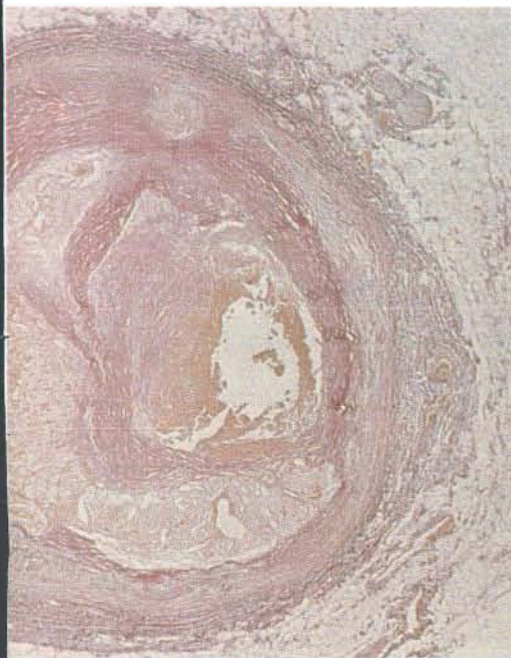
men een gedegen studie maken. Men moet eerst afwachten hoe de diverse technische versies met elkaar interfereren. Als het geheel na een tijdje uitgebreid is moet men gaan vergelijken. Wat is de beste techniek en hoe kan men voor de samenleving als geheel zoveel mogelijk voordelen en zo min mogelijk nadelen krijgen."

Bij een dergelijke benadering had men volgens Vrolijk bijvoorbeeld kunnen besluiten om die mensen die nog geen last van nierstenen hadden maar prijs stelden op een preventieve behandeling met de vergruizer, zelf een eigen bijdrage aan deze behandeling te laten betalen.

Vrolijk is ondanks alles hoopvol gestemd. Niet alleen omdat het ministerie van WVC de opdrachtgever was van het TNO-onderzoek en het gezondheidsdepartement klaarblijkelijk graag de discussie over medische technologie wil stimuleren, maar ook omdat er ook in de publieke opinie steeds meer aandacht komt voor de noodzaak om invloed op nieuwe technieken uit te oefenen.

Nu onttrekt technologie zich veelal aan de besluitvorming. Vrolijk: "Het is een stille verandering. Sluipend doet een nieuw apparaat of een nieuwe techniek zijn intree tot men niet meer terug kan."

***Keer op keer blijkt het een weliswaar mooi ideaal maar in de praktijk vrijwel ondoenlijk om technologie echt te sturen.***



***Een anti-cholesterolpil kan vaatvernauwing voorkomen, maar tegen welke prijs? (foto: H. Zollinger/Hoffman-La Roche, Basel)***

# Mister Milieu

**Dr ir Kees Zoeteman, de architect van het Nederlandse milieubeleid, over 120 km, de te dure taxi's, kernenergie en antroposofie.**

**Peter de Jaeger**

"We zijn zelf schuldig aan het milieuprobleem. Daarom zullen we het ook zelf moeten oplossen. Maar de geest is gewillig en het vlees is zwak. En dus rijden we met zijn allen harder dan 120. Daarom zal de overheid ons gedrag moeten sturen. Maar de uiteindelijke keuze blijft bij de consument." Aldus de milieufilosofie van de overheid in een notedop, verwoord door dr ir Kees Zoeteman, plaatsvervangend directeur-generaal Milieubeheer bij het ministerie van VROM. Zoeteman is mede-auteur van zowel *Zorgen voor Morgen* als het *Nationaal Milieubeleidsplan*. Daarnaast ontpopte hij zich als antroposoof in zijn boek *Gaiasofie*.

*Wat is volgens u het grootste milieuprobleem op dit moment?*

"Hierop geef ik een antwoord dat u misschien niet verwacht. Verreweg het grootste milieuprobleem is dat we het probleem nog niet serieus genoeg nemen. Dat uit zich in allerlei feitelijke problemen, van broeikaseffect tot afvalhopen die we in de achtertuin van de buurman deponeren. Het bewustzijn is nog niet voldoende gegroeid in Nederland om het gedrag, zowel van de consument als van de producent, te veranderen. Dat is de slag waar we nu in zitten en ons de komende jaren intensief mee bezighouden."



**Dr ir Kees Zoeteman**  
(Foto's: VROM)

*Is het de taak van de overheid om dat bewustzijn te laten groeien?*

Zoeteman: "Dat denk ik zeker, ja. De overheid kan een aantal dingen doen op dat gebied. De voorlichting en educatie aan de bevolking moet meer worden benadrukt. Dat is onlangs nog eens gesteld in een advies van de Sociaal-Economische Raad. Daarnaast kan de overheid komen met een stelsel van beloningen en straffen. Goed gedrag moet worden beloond. Daar geloof

ik meer in, dan in straffen van verkeerd gedrag."

"Zonder overtuiging van het individu zal het heel moeilijk zijn. Omdat men niet overtuigd is van de noodzaak dat de maximumsnelheid 120 km is, rijdt iedereen 140. En de rijkspolitie rijdt de automobilist vaak nog harder voorbij. Je merkt dat het milieu nog niet voldoende leeft onder de mensen. De doelstelling is niet verinnerlijkt. Toch tekent zich een kentering af. Dit zien we bijvoorbeeld bij het ge-



bruik van fosfaatvrije wasmiddelen.”

“Bij het bedrijfsleven is een grote verandering op komst. Ik voorzie dat er veel producten op de markt komen die als milieuvriendelijk worden aan-geprezen. Dat juichen wij alleen maar toe. Bij levensmid-delen betreft dat vaak de ver-pakking. Maar bij machines, auto's, koelkasten en dergelij-ke gaat het erom of die dingen weer hergebruikt kunnen worden. De consument kan daartoe worden gestimuleerd door de overheid, bijvoor-beeld door een statiegeld-systeem. Maar verplichten kunnen we niet.”

“De producent daarentegen wordt wel meer en meer ver-plicht om milieuvriendelijke produkten te leveren. Wij ho-pen dat het milieubeleid wat we in Nederland voorstaan EG-beleid wordt. Dan heeft het ook de minste repercussies voor de industrie. Wij roepen altijd hard dat we voorop lo-pen. Maar op de keper be-schouwd wordt er in omrin-

gende landen ook een scherp milieubeleid gevoerd. Met het concurrentienadeel voor het bedrijfsleven zal het dus nog-al los lopen.”

### Benzine op de bon

*Hoe is het gedrag van de con-sument te sturen?*

“Wat het verkeer betreft zijn er zeer veel varianten. Je kunt het autorijden zwaarder gaan belasten door de benzine duurder te maken. Maar we weten dat dat als klein land geen goed begaanbare weg is. Wanneer dat in de hele EG gebeurt is er geen probleem. Zo niet dan gaat men steeds vaker over de grens tanken, in een zone van 50 tot 100 km. Hoe groter het prijsverschil hoe verder men rijdt.

Een andere manier is ‘road-pricing’. Bij weggebruik in kritieke gebieden moet je be-talen. Dat is een beter werk-baar systeem.”

*Hoe werkt dat systeem?*

“De automobilist koopt een

soort strippenkaart. In de au-to zit een automatische ver-klikker die bij het passeren van een bepaald punt een zo-ne aftikt. Is de kaart op en passeer je toch zo'n tolpunt, dan krijg je een boete.”

*En benzine op de bon, zoals door Milieudefensie wordt ge-opperd?*

“Rantsoeneren van benzine werkt niet. Dat hebben we ge-zien bij de oliecrisis van 1973. De zwarte bezinebonnen gin-gen toen voor grof geld onder de toonbank. Probleem is al-tijd hoe je fraude kan voorko-men. De geest is gewillig, maar het vlees is zwak.”

“In Zwitserland heeft men nu een systeem ontwikkeld waar-bij niet de benzine maar de kilometers worden gerantsoe-neerd. De Zwitsers zijn er als eerste in geslaagd een fraude-bestendige kilometerteller te bouwen. Iedereen die minder dan 12000 kilometer per jaar rijdt krijgt een bonus bij de aankoop van zijn nieuwe deel III. Het geld wordt opge-



**Het autogebruik moet omlaag, ten gunste van het openbaar vervoer.**



bracht door diegenen die jaarlijks meer rijden dan 12000 kilometer. Via dat beloning- en strafmechanisme denkt men een waterdicht systeem in handen te hebben. Het systeem is dit najaar in principe door het Zwitserse parlement goedgekeurd."

*En wat vindt u in dit verband van het voorstel van de BO-VAG: een automobilist die gebruik maakt van trein en bus wordt beloofd.*

"Het schort in Nederland aan de aansluiting van de ene vorm van openbaar vervoer op de andere. Daarom ben je veel tijd kwijt om van je woonhuis naar je werk te reizen. Dat moet beter kunnen. Er zijn leuke experimenten gaande met bussen die door werkgevers worden ingezet om mensen van en naar de trein te brengen. Verder is het taxisysteem van ons land verre van optimaal, vergeleken met het buitenland. Wij hebben weinig, maar hele dure taxi's. Het mooiste zou zijn een verbinding waarbij een treinkaartje tevens geldt voor aansluiting met bus, taxi en veerpont. De verschillende vormen van openbaar vervoer, waaronder ik ook de taxi reken, moeten meer een gesloten circuit worden. Dat is belangrijk om zo de autogebruiker zijn auto te laten staan. Daarvoor moeten ook een aantal comfortelementen, zoals telefoon, in het openbaar vervoer kunnen. De technische mogelijkheden zijn er wel, maar de organisatie rammelt nog teveel."

### **Milieubeweging exit?**

*Is de taak van de milieubeweging uitgespeeld, nu de overheid en alle politieke partijen het milieu hebben omarmd?*

"De milieubeweging is duidelijk in een crisis. Datgene



waar ze jaren voor heeft geijverd blijkt ineens wortel te schieten. Haar ideeën worden gesteund door partijen die ze eerst fervent heeft bevochten. Maar dat betekent niet dat de milieubeweging zal verdwijnen. De beweging zal een radicalisering moeten ondergaan. Ze moet de dieper liggende wortels van het veranderingsproces blootleggen. Vanuit een goed onderbouwde visie zal ze met een nieuwe boodschap moeten komen om dit proces voort te zetten. De milieugroeperingen zijn volop bezig om te zoeken naar die nieuwe positiebepaling. Ik denk dat er weer hoop is voor hun vroeger wanhopig klinkende boodschap."

*In het Milieubeleidsplan wordt uitgegaan van economische groei in de komende jaren. Staat dat niet haaks op duurzame ontwikkeling van het milieu?*

"De werkelijkheid laat een groei zien, dat is een bestaand maatschappelijk proces. Wel probeert het NMP aanzetten te geven tot ombuiging of beperking van bijvoorbeeld het groeiende energieverbruik, autogebruik, enzovoorts. Die ombuiging moet plaatsvinden binnen bepaalde randvoorwaarden die destijds zijn opgesteld door het kabinet Lubbers II. Binnen die randvoorwaarden is geprobeerd die groeitendens zoveel mogelijk om te buigen. Dat uit zich dan





**Ons milieugedrag zal drastisch moeten veranderen.**

rendabel. Bij bestaande woningen is de grootste winst te boeken door vervanging van CV-ketels door energiezuinige exemplaren. De energiesector zal revolutionaire veranderingen ondergaan. Zonne-energie blijft voor Nederland een te dure optie. Toch zal het kunnen bijdragen aan lagere stookkosten per woning, vooral ten behoeve van warm water. Windenergie zal ook niet het antwoord kunnen zijn op het energieprobleem. Hier heeft de Nederlandse industrie zijn kansen teveel laten liggen. Zonne- en windenergie zullen deze eeuw slechts voor enkele procenten voorzien in de totale energiebehoefte."

#### *En kernenergie?*

"Op zich is kernenergie een schone energiebron die niet direct de lucht vervuult, maar het is zeker geen duurzame energiebron. Uranium is uit-

bosbouw. Wat je aan CO<sub>2</sub> vastlegt in bomen mag je met een gerust hart weer verbranden zonder het evenwicht te verstoren. De landbouw als producent van natuur en milieu heeft in mijn ogen grote mogelijkheden. Maar aan de andere kant krijgt de landbouw fikse klappen te verduren. De ammoniakemissie moet met 70% omlaag en het jaarlijks gebruik van bestrijdingsmiddelen moet worden gehalveerd."

"De landbouw moet geleidelijk aan op een andere leest worden geschoeid. Het milieu vereist een andere vruchtwisseling en een geïntegreerde teeltmethode, ondermeer door te schoffelen in plaats van te spuiten. Daar bestaat best begrip voor, niet alleen onder de boeren en tuinders, maar ook bij de consument die bereid is meer te betalen voor een goed produkt. Bij

### ***De milieubeweging is in een crisis; hun ideeën worden gesteund door partijen die eerst fervent bevochten.***

bijvoorbeeld in een stabilisatie van CO<sub>2</sub>-emissies in het jaar 2000."

*Maar Lubbers heeft zelfs een reductie van 8% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de komende kabinetsperiode bedongen. Hoe is dat te bereiken?*

"De druk om te komen tot minder fossiele brandstoffen en meer duurzame energiebronnen zal toenemen. Dat moeten we met elkaar opbrengen. Dus we moeten met elkaar minder energie verbruiken plus energiebronnen aanboren die minder CO<sub>2</sub> veroorzaken. Energiebesparing is ondermeer te realiseren door isolatie van woningen, vooral bij nieuwbouw is dat

putbaar en kernafval is bestlist geen fraaie erfenis voor de volgende generatie. Het lijkt heel aantrekkelijk, maar dat is het op langere termijn juist niet. Kernenergie is een heikale politieke kwestie waar nog veel over zal worden gesoebat. Maar persoonlijk vind ik dat je kernenergie niet als duurzame energiebron kan propagieren. De hoop is gevestigd op intensieve bosbouw. Daar moet een nieuwe technologie aan worden gekoppeld, zoals installaties om hout te vergassen."

#### *Liggen daar nieuwe kansen voor de landbouw?*

"De landbouw kan helpen om CO<sub>2</sub> vast te leggen via

een andere organisatie van de land- en tuinbouw kunnen er ook meer mensen in die sector werken. Nu is dat nog maar 5% van de beroepsbevolking. Waarom zouden dat er niet meer kunnen zijn? Dat scheelt werkloosheidsuitkeringen en het is leuk werk bovendien. Maar omschakeling is een moeizaam proces waarbij de concurrentie van het buitenland de zaak nog ingewikkelder maakt."

*Is het NMP financieel wel voldoende onderbouwd. Zo blijken de kosten voor het Verzuimingsplan twee maal zo hoog als voorzien in het NMP?*

"Het verrassende van *Zorgen voor Morgen* en berekeningen van het Centraal Planbureau



is dat het economisch is op te brengen om de grote omschakeling te verkrijgen die nodig is voor een verantwoord milieubeheer. Iedereen dacht aanvankelijk dat grote inversteringen nodig waren om tot een recyclemaatschappij te komen. Maar de benodigde 6 miljard gulden (waarvan 600 miljoen door de overheid, PdJ) is door de samenleving op te brengen zonder grote ontwrichtingen. Dat was een ware verrassing. Daarbij komt dat naarmate je eerder begint om die inversteringen te doen om te komen tot een volledig hergebruik van afvalstoffen, de economie er op langere termijn beter voor staat. Je moet niet wachten tot de grondstoffen op een gegeven moment uitgeput ra-

kwijt met de hem omringende natuur. *Hoe ziet u dat verband precies?*

"De mens is in zekere zin een spiegel van de natuur en is volgens hetzelfde organische principe opgebouwd. Ik denk dat de aarde ook als een organisch geheel te zien is. We zijn allen op dezelfde manier ontworpen. Er is een eenheid in de natuur, vanaf bacteriën tot aan mensen gelden dezelfde principes als voor de aarde als geheel. Via de wetenschap hebben we de geheimen van ons lichaam ontrafeld, terwijl we tegelijkertijd het zicht op het totale lichamelijke functioneren hebben verloren."

"Dat is ook het gevaar met de door ons ontwikkelde mechanismen als verkeer, industriële productie en informatica.

We benaderen die louter vanuit een rationele benadering en hebben het los gekoppeld van onze meer intuïtieve kenwegen. Daarom gaan die processen een eigen leven leiden als een kankergezwel dat het gezonde weefsel wegdrukt. Er kunnen industriegebieden als Rijnmond ontstaan, omdat we niet weten waar we mee bezig zijn. We moeten de technologische ontwikkeling niet teveel de vrije hand bieden. Er moet iets tegenover staan. We moeten streven naar evenwicht tussen technische en natuurlijke functies in de ruimte. Dat is nodig om ook daarin zelf als evenwichtige mensen te kunnen blijven bestaan."

*Op wereldschaal stelt u een bestuursorgaan voor dat van bovenaf de zaak in de hand moet houden.*

"Ja, om die gedachte heeft

### ***Mijn hoop is meer op intensieve bosbouw gevestigd dan op kernenergie.***

ken. Want dan krijg je een enorme stijging van de kostprijs over een aantal decennia. Om weer uit dat dal te klimmen is veel moeilijker en veel duurder, dan wanneer je diezelfde omslag eerder maakt. Dan gaat de verandering geleidelijker en heb je als maatschappij niet zo'n diepe crisis te doorstaan."

#### **Gaia**

Zoeteman legt de kern van het milieuprobleem bij onszelf. Dat wordt ondermeer verwoord in zijn boek *Gaiasofie*, waarin drie lichaamsfuncties worden getransponeerd naar de omliggende natuur. Verkeer, industriële productie en informatica ziet hij als hart en longen, spijsvertering en hersenen van de aarde. Zoals de mens zijn grip heeft verloren op zijn eigen lichaamsfuncties, zo is hij ook de band





men mij zelfs fascistische neigingen verweten. Het kostte de grootste moeite om een rivier als de Rijn te besturen, omdat men elkaar de bestuurlijke invloed niet gunde. Toch krijgt een internationaal bestuursorgaan voor de Rijn steeds meer gestalte, omdat de noodzaak daarvan is aangetoond. Zo iets hebben we ook dringend nodig voor de wereld. Een orgaan wat het ecosysteem op onze planeet in evenwicht helpt houden."

*Is dat geen politieke illusie?*

"Ik denk het niet. Er bestaat ook een Veiligheidsraad binnen de Verenigde Naties om de nationale en internationale veiligheid te garanderen. Een dergelijk orgaan hebben we nodig voor de natuur. Een eerste aanzet is het Verdrag van Wenen over de ozonlaag. We proberen een dergelijk verdrag voor het klimaat te

krijgen. De topconferentie van 25 regeringsleiders die we in maart in Den Haag hebben gehad heeft ook opgeroepen tot een wereldautoriteit. Landen moeten met elkaar hun eigen ambities leren begrenzen en afstemmen op wat het ecosysteem van onze planeet kan dragen."

*Maar nogmaals, denkt u dat zo iets politiek haalbaar is? Jan Tinbergen roept al 20 jaar vergeefs om een dergelijk orgaan voor de verlichting van het wereldvoedselvraagstuk.*

"Ik denk dat de mensheid verplicht is om die stap te maken. We moeten solidariteit opbrengen vanuit een democratisch besluitvormingsproces, en komen tot bespreking van onze eigen groeipotentie. De vraag is alleen of de mensheid voldoende wijsheid opbrengt om tot een dergelijk orgaan te komen, voordat er een catastrofe is geweest. De Veiligheidsraad ontstond ook pas na de Tweede Wereldoorlog. Misschien is er wel een ecologische ramp nodig die het wereldklimaat ingrijpend verandert. In feite is de mensheid met een experiment bezig waarvan hij de afloop niet kent. Misschien is het inderdaad nodig dat er eerst iets goed uit de hand loopt, voordat we ervan overtuigd zijn dat we met elkaar iets moeten doen. Maar ik hoop dat het zover niet hoeft te komen."

**Recycling van batterijen lukt nog niet; verzamelen en gecontroleerd storten gebeurt al wel**



NATUUR EN TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:

Postbus 415, 6200 AK Maastricht

Telefoon: 043-254044.

Fax: 043-216124.

Voor België:

Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.

Telefoon: 00-3143254044.

Fax: 00-3143216124.

Bezoekadres:

Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:

R.A. Bodden-Welsch,

tel.: 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de CAHIERS BIO-WETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ.

Abonnees op Natuur en Techniek en studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): f 112,50,- of 2200 F. Voor drie jaar: f 265,- of 5195 BF.

Prijs voor studenten: f 85,- of 1660 F.

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 10,95 of 215 F (excl. verzendkosten).

Distributie voor de boekhandel:

Betapress b.v., Gilze. Tel.: 01615-7800.

Abonnementen op NATUUR EN TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v.

Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-157074-31

t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te

Heerlen, nr. 4.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel,

nr. 437.6140651-07.

# Inhoud 1989

Een volledige index over 1989, dus inclusief een  
trefwoordenregister, krijgt u automatisch toe-  
gestuurd bij bestelling van een opbergcassette van  
1989 of 1990. Een overschrijvingsformulier hier-  
voor kunt u eind februari 1990 verwachten, te za-  
men met het formulier voor uw abonnementsgeld.

## Register volgens auteursnamen

|  |        |
|--|--------|
| <i>Assche, P.H.M. Van</i><br>De ontdekking van de kernsplijting -<br>Een kettingreactie van gemiste kansen | 3-170  |
| <i>Berg, W.B. van den</i><br>zie Lent  |        |
| <i>Billiau, A.J.D.A.</i><br>Ontsteking - Interleukine als Januskop   | 4-266  |
| <i>Billiau, A.J.D.A.</i><br><i>Onc</i> -genen  | 12-918 |
| <i>Boer, D. de</i><br>zie Rossum   |        |
| <i>Boer, Th.J. de</i><br>Met kromme pijl en vishaak -<br>Reactiemechanismen in de organische<br>chemie     | 11-856 |
| <i>Bonnie, R.J.M.</i><br>zie Gerritsen   |        |
| <i>Botterman, J.H.</i><br>Genmanipulatie van planten - De constructie<br>van resistente rassen             | 5-378  |
| <i>Brand, E.E. en Brand, H.M.</i><br>Cosmetica - Wetenschap van schoonheid                                 | 2-86   |
| <i>Brand, H.M.</i><br>zie Brand  |        |
| <i>Brande, J.L. Van den</i><br>Groei - Tot volwassen proporties  | 1-54   |
| <i>Broeke, R. ten</i><br>Geen knollen voor citroenen - Het keuren<br>van waren                             | 10-802 |
| <i>Buck, G.M.</i><br>Wiegedood   | 10-790 |
| <i>Bult, E.J., Hallewas, D.P. en Rijn, P. van</i><br>Het praetorium van Valkenburg                         | 3-194  |
| <i>Christ, B.</i><br>zie Poelmann  |        |
| <i>Cotthem, W. Van</i><br>De woestijn op de korrel   | 2-134  |
| <i>Debusschere, I.M.A.T. en Vermeiren, J.P.L.</i><br>Lichtchips - Beeldopname met CCD's                    | 1-66   |
| <i>Dugdale, J.S., Pavuna, D. en Rhodes, P.</i><br>Metallische glazen                                       | 8-620  |
| <i>Dumont, H. en Smet, K. De</i><br>Strijd tegen de droogte -<br>Leven in de woestijn                      | 10-742 |

|   |        |
|---|--------|
| <i>Enckevort, W.J.P. van</i><br>Diamant - Schitterende toepassingen   | 2-122  |
| <i>Enfield, D.B.</i><br>El Niño - Onaangenaam kerstcadeau   | 1-42   |
| <i>Floor, C.</i><br>In de wolken - Water in de atmosfeer  | 1-2    |
| <i>Gerritsen, J.W., Bonnie, R.J.M. en</i><br><i>Hartemink, M.</i><br>Hoogvermogen gaslasers                 | 6-434  |
| <i>Geudeke, P.W.</i><br>1:25000 - Land in tekening  | 9-666  |
| <i>Gispen, W.H.</i><br>zie Pennartz   |        |
| <i>Glopper, J.H. de en Rijke-Amesz, E.A. de</i><br>Het nieuwe kraken -<br>De moderne oliaffinaderij         | 8-606  |
| <i>Gras, E. Le en Prins, H.</i><br>Meeste stemmen gelden - Besluitvorming<br>bij dieren                     | 12-966 |
| <i>Grint, N. en Haanstra F.</i><br>Auto-ontwerpen - De kweekstal van<br>de heilige koe                      | 9-678  |
| <i>Groen, M.B.</i><br>Steroiden - Sleutelen aan een skelet  | 3-206  |
| <i>Haan, T. de</i><br>Periodieke komeetregens - Breekpunten in<br>de evolutie                               | 5-342  |
| <i>Haanstra F.</i><br>zie Grint   |        |
| <i>Hallewas, D.P.</i><br>zie Bult   |        |
| <i>Hartemink, M.</i><br>zie Gerritsen   |        |
| <i>Heerkens, J.C.P.</i><br>zie Jansen   |        |
| <i>Hilgevoord, J.</i><br>Eigenschap zonder waarneming   | 7-554  |
| <i>Hillegers, H.P.M.</i><br>De brandnetel - Plaaggeest of gastheer  | 8-582  |
| <i>Hochstenbach, P.F.R., Kremer, J.M.J. en</i><br><i>Miedema, K.</i><br>De zwiigende meerderheid in het DNA | 8-630  |
| <i>Hoffmans, M.D.A.F.</i><br>Ondervoed of overvoerd - Een delicate<br>balans                                | 10-768 |
| <i>Hoyle, F. en Wickramasinghe, C.</i><br>Big bang of steady state?   | 6-446  |
| <i>Icke, V.</i><br>zie Staubert   |        |
| <i>Jansen, W. en Heerkens, J.C.P.</i><br>Verankerde bodem - Erosie en<br>erosiebestrijding                  | 8-594  |
| <i>Janssens, P.M.W.</i><br>Moleculaire estafette - Signaaloverdracht<br>in cellen                           | 11-872 |
| <i>Kieboom, A.P.G.</i><br>Vetvervangers - Lekker light  | 12-954 |
| <i>Kiers, G.</i><br>De geboorte van een stervende ster -<br>Supernova 1987a                                 | 2-86   |



|   |        |  |        |
|---|--------|--|--------|
| <i>Klaassen, W.</i><br>Smeltende sneeuw en satellieten  | 11-884 | <i>Reedijk, J.</i><br>Silicium - Het aardse element  | 5-398  |
| <i>Klaauw, B. van der</i><br>Vluchtsimulators - Vliegen op de grond                                       | 7-522  | <i>Reuss, J.</i><br>zie Stolte   |        |
| <i>Kremer, J.M.J.</i><br>zie Hochstenbach   |        | <i>Rhodes, P.</i><br>zie Dugdale   |        |
| <i>Kuenen, D.J.</i><br>Winterkoude - Trotseren, mijden<br>of ontvluchten                                  | 11-844 | <i>Roebroeks, W.</i><br>Mensen aan de Maas - De kampementen<br>van de oudste Nederlanders        | 6-470  |
| <i>Lauwerier, H.A. en Ushiki, S.</i><br>Fractalen - Gebroken dimensies                                    | 1-26   | <i>Roos-Klein Lankhorst, J.</i><br>Wandelen door de toekomst - Het digitale<br>landschap         | 10-778 |
| <i>Lent, P.L.E.M. van en Berg, W.B. van den</i><br>Reuma  | 1-14   | <i>Rossum, J.M. Van en Boer, D. de</i><br>Anabole steroïden                                      | 3-230  |
| <i>Linnemans, W.A.M. en Wijk, R. van</i><br>Het grondstelsel - Basis voor het toetsen<br>van geneeswijzen | 5-354  | <i>Rulkens, W.H. en Voorneburg, F. van</i><br>Mest uit mest - De centrale verwerking<br>van gier | 11-894 |
| <i>Lopes da Silva, F.H.</i><br>zie Pennartz   |        | <i>Rijke-Amesz, E.A. de</i><br>zie Gloppe  |        |
| <i>Mars, N.J.I.</i><br>Kennissystemen en redenerende machines   | 5-388  | <i>Rijn, P. van</i><br>zie Bult  |        |
| <i>Masschelein, J.C.J.</i><br>Stroom uit stoom  | 3-220  | <i>Sachs, F.</i><br>Het gevoel   | 2-110  |
| <i>Meerts, W.L.</i><br>zie Stolte   |        | <i>Schoenmaker, A.A.</i><br>Hipparcos - Sterren op hun plaats gezet                              | 5-366  |
| <i>Meulemeester, J. de</i><br>Mottekastelen - Aardhopen voor de adel                                      | 9-690  | <i>Schuijff, A.</i><br>Ver van evenwicht - Thermodynamica van<br>levende systemen                | 4-278  |
| <i>Meulen, J.J. ter</i><br>zie Stolte   |        | <i>Smet, K. De</i><br>zie Dumont   |        |
| <i>Meylan, G.</i><br>zie Verbunt  |        | <i>Staubert, R. en Icke, V.</i><br>Het oudste licht - Straling van quasars                       | 4-302  |
| <i>Miedema, K.</i><br>zie Hochstenbach  |        | <i>Stolte, S., Meerts, W.L., Meulen, J.J. ter</i><br><i>en Reuss, J.</i><br>Beheerste molekulen  | 12-926 |
| <i>Munk, W.J. de</i><br>Bolbloemen - Iedere dag lente   | 4-314  | <i>Stout, G.</i><br>Ozongat als reactievat   | 9-702  |
| <i>Myrberg, N.E.A.</i><br>Beugels en Bumpers - De orthodontie<br>op een rijtje gezet                      | 7-534  | <i>Tabak, H.F. en Pleij, C.E.A.</i><br>Ribozymen   | 12-934 |
| <i>Nijkamp, F.P.</i><br>Aspirine - Kleine beetjes helpen  | 2-144  | <i>Thoenes, D.</i><br>Chemische reactoren - Van kookpot tot<br>fabriek                           | 6-458  |
| <i>Oosterhoff, J.</i><br>De Eiffeltoren - Groot gebaar 100 jaar   | 4-254  | <i>Ushiki, S.</i><br>zie Lauwerier   |        |
| <i>Pastors, W.M.J.</i><br>zie Ramaekers   |        | <i>Verbunt, F. en Meylan, G.</i><br>Bolhopen   | 10-754 |
| <i>Pavuna, D.</i><br>Zie Dugdale  |        | <i>Vermeiren, J.P.L.</i><br>zie Debusschere  |        |
| <i>Pennartz, C.M.A., Lopes da Silva, F.H.</i><br><i>en Gispén, W.H.</i><br>Het geheugen als netwerk       | 4-290  | <i>Voorneburg, F. van</i><br>zie Rulkens   |        |
| <i>Pleij, C.E.A.</i><br>zie Tabak   |        | <i>Vries, D. de</i><br>Klank op maat - Zaalakoestiek   | 9-714  |
| <i>Poelmann, R., Christ, B. en Wachtler, F.</i><br>Het ei van...?   | 7-542  | <i>Waay, D. van der</i><br>Bondgenoten - De bacteriën van<br>het darmkanaal                      | 6-482  |
| <i>Prins, H.</i><br>zie Gras  |        | <i>Wachtler, F.</i><br>zie Poelmann  |        |
| <i>Raad, B. de</i><br>Leptonen in de LEP - Grensoverschrijdende<br>experimenten                           | 7-510  | <i>Welleman A.G.</i><br>Winter op de weg   | 12-942 |
| <i>Ramaekers, P.P.J. en Pastors, W.M.J.</i><br>Technische keramiek - Gebrand op hard<br>en taai           | 11-830 |  |        |

|   |       |   |        |
|---|-------|---|--------|
| <i>Wickler, W.</i>  |       | De brandnetel - Plaaaggeest of gastheer           | 8-582  |
| Mimicry   | 9-654 | <i>Hillegers, H.P.M.</i>                          |        |
| <i>Wijk, R. van</i>   |       | Mimicry   | 9-654  |
| zie Linnemans   |       | <i>Wickler, W.</i>                                |        |
| <i>Wijngaard, M. van den</i>                                |       | Strijd tegen de droogte - Leven in de woestijn    | 10-742 |
| Het mannelijk vooroordeel - Biologen over vrouwelijk gedrag | 3-184 | <i>Dumont, H. en Smet, K. De</i>                  |        |
| <i>Wickramasinghe, C.</i>                                   |       | Winterkoude - Trotseren, mijden of ontvluchten    | 11-844 |
| zie Hoyle   |       | <i>Kuenen, D.J.</i>                               |        |
|   |       | Meeste stemmen gelden - Besluitvorming bij dieren | 12-966 |
|   |       | <i>Gras, E. Le en Prins, H.</i>                   |        |

## Register van artikelen

### Archeologie

|  |       |
|--|-------|
| Het praetorium van Valkenburg                                  | 3-194 |
| <i>Bult, E.J., Hallewas, D.P. en Rijn, P. van</i>              |       |
| Mensen aan de Maas - De kampementen van de oudste Nederlanders | 6-470 |
| <i>Roebroeks, W.</i>   |       |
| Mottekastelen - Aardhopen voor de adel                         | 9-690 |
| <i>Meulemeester, J. de</i>                                     |       |

### Astronomie

|  |        |
|--|--------|
| De geboorte van een stervende ster - Supernova 1987a | 2-86   |
| <i>Kiers, G.</i>                                     |        |
| Het oudste licht - Straling van quasars              | 4-302  |
| <i>Staubert, R. en Icke, V.</i>                      |        |
| Periodieke komeetregens - Breekpunten in de evolutie | 5-342  |
| <i>Haan, T. de</i>                                   |        |
| Big bang of steady state?                            | 6-446  |
| <i>Hoyle, F. en Wickramasinghe, C.</i>               |        |
| Bolhopen   | 10-754 |
| <i>Verbunt, F. en Meylan, G.</i>                     |        |

### Biochemie

|   |        |
|---|--------|
| Moleculaire estafette - Signaaloverdracht in cellen | 11-872 |
| <i>Janssens, P.M.W.</i>                             |        |

### Biologie

|   |       |
|---|-------|
| Groei - Tot volwassen propoities                            | 1-54  |
| <i>Brande, J.L. Van den</i>                                 |       |
| Het gevoel  | 2-110 |
| <i>Sachs, F.</i>  |       |
| Het mannelijk vooroordeel - Biologen over vrouwelijk gedrag | 3-184 |
| <i>Van den Wijngaard, M.</i>                                |       |
| Bolbloemen - Iedere dag lente                               | 4-314 |
| <i>Munk, W.J. de</i>  |       |
| Het ei van...?  | 7-542 |
| <i>Poelmann, R., Christ, B. en Wachtler, F.</i>             |       |

### Biotechnologie

|   |       |
|---|-------|
| Genmanipulatie van planten - De constructie van resistente rassen | 5-378 |
| <i>Botterman, J.H.</i>  |       |

### Bouwkunde

|  |       |
|--|-------|
| De Eiffeltoren - Groot gebaar 100 jaar | 4-254 |
| <i>Oosterhoff, J.</i>                  |       |

### Farmacologie

|  |       |
|--|-------|
| Anabole steroïden                      | 3-230 |
| <i>Rossum, J.M. Van en Boer, D. de</i> |       |

### Geneeskunde

|  |       |
|--|-------|
| Reuma  | 1-14  |
| <i>Lent, P.L.E.M. van en Berg, W.B. van den</i>            |       |
| Aspirine - Kleine beetjes helpen                           | 2-144 |
| <i>Nijkamp, F.P.</i>                                       |       |
| Ontsteking - Interleukine als Januskop                     | 4-266 |
| <i>Billiau, A.J.D.A.</i>                                   |       |
| Het grondstelsel - Basis voor het toetsen van geneeswijzen | 5-354 |
| <i>Linnemans, W.A.M. en Wijk, R. van</i>                   |       |
| Bondgenoten - De bacteriën van het darmkanaal              | 6-482 |
| <i>Waay, D. van der</i>                                    |       |

### Geografie

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 1:25 000 - Land in tekening | 9-666 |
| <i>Geudeke, P.W.</i>        |       |

### Informatica

|  |       |
|--|-------|
| Kennissystemen en redenerende machines | 5-388 |
| <i>Mars, N.J.I.</i>                    |       |



|   |        |  |        |
|---|--------|--|--------|
| Wandelen door de toekomst - Het digitale landschap<br><i>Roos-Klein Lankhorst, J.</i>                   | 10-778 | Stroom uit stoom<br><i>Masschelein, J.C.J.</i>   | 3-220  |
| <b>Kindergeneeskunde</b>  |        | Hoogvermogen gaslasers<br><i>Gerritsen, J.W., Bonnie, R.J.M. en Hartemink, M.</i>                | 6-434  |
| Wiegedood<br><i>Buck, G.M.</i>  | 10-790 | Leptonen in de LEP - Grensoverschrijdende experimenten<br><i>Raad, B. de</i>                     | 7-510  |
| <b>Landbouw</b>   |        | Eigenschap zonder waarneming<br><i>Hilgevoord, J.</i>  | 7-554  |
| De woestijn op de korrel<br><i>Cotthem, W. Van</i>  | 2-134  | Metallische glazen<br><i>Dugdale, J.S., Pavuna, D. en Rhodes, P.</i>                             | 8-620  |
| <b>Luchtvaart</b>   |        | Klank op maat - Zaalakoestiek<br><i>Vries, de D.</i>   | 9-714  |
| Vluchtsimulatoren - Vliegen op de grond<br><i>Klaauw, B. van der</i>                                    | 7-522  | <b>Neurobiologie</b>   |        |
| <b>Materiaalkunde</b>   |        | Het geheugen als netwerk<br><i>Pennartz, C.M.A., Lopes da Silva, F.H. en Gispén, W.H.</i>        | 4-290  |
| Technische keramiek - Gebrand op taai en hard<br><i>Ramaekers, P.P.J. en Pastoors, W.M.J.</i>           | 11-830 | <b>Nobelprijzen 1989</b>   |        |
| <b>Milieu</b>   |        | <i>Onc</i> -genen<br><i>Billiau, A.</i>  | 12-918 |
| Ozongat als reactievat<br><i>Stout, G.</i>  | 9-702  | Beheerste molekulen<br><i>Stolte, S., Meerts, W.L., Meulen, J.J. ter en Reuss, J.</i>            | 12-926 |
| <b>Milieutechniek</b>   |        | Ribozymen<br><i>Tabak, H.F. en Pleij, C.E.A.</i>   | 12-934 |
| Mest uit mest - De centrale verwerking van gier<br><i>Rulkens, W.H. en Voorneburg, F.</i>               | 11-894 | <b>Oceanografie</b>  |        |
| <b>Moleculaire biologie</b>   |        | El Niño - Onaangenaam kerstcadeau<br><i>Enfield, D.B.</i>  | 1-42   |
| De zwijgende meerderheid in het DNA<br><i>Hochstenbach, P.F.R., Kremer, J.M.J. en Miedema, K.</i>       | 8-630  | <b>Organische chemie</b>   |        |
| <b>Natuurkunde</b>  |        | Met kromme pijl en vishaak - Reactiemechanismen in de organische chemie<br><i>Boer, Th.J. de</i> | 11-856 |
| In de wolken - Water in de atmosfeer<br><i>Floor, C.</i>  | 1-2    | <b>Scheikunde</b>  |        |
| Lichtchips - Beeldopname met CCD's<br><i>Debusschere, I.M.A.T. en Vermeiren, J.P.L.</i>                 | 1-66   | Cosmetica - Wetenschap van schoonheid<br><i>Brand, E.E. en Brand H.M.</i>                        | 2-86   |
| Diamant - Schitterende toepassingen<br><i>Enckevort, W.J.P. van</i>                                     | 2-122  | Steroïden - Sleutelen aan een skelet<br><i>Groen, M.B.</i>                                       | 3-206  |
| De ontdekking van de kernsplijting - Een kettingreactie van gemiste kansen<br><i>Assche, P.H.M. Van</i> | 3-170  | Ver van evenwicht - Thermodynamica van levende systemen<br><i>Schuijff, A.</i>                   | 4-278  |
|   |        | Silicium - Het aardse element<br><i>Reedijk, J.</i>  | 5-398  |
|   |        | Chemische reactoren - Van kookpot tot fabriek<br><i>Thoenes, D.</i>                              | 6-458  |

|   |        |   |        |
|---|--------|---|--------|
| Het nieuwe kraken - De moderne<br>olieraffinaderij<br><i>Glopper, J.H. de en Rijke-Amesz, E.A. de</i> | 8-606  | De maatschappelijke relevantie van zeegras<br><i>Jaap Willems</i>   | 4-328  |
| Geen knollen voor citroenen -<br>Het keuren van waren<br><i>Broeke, R. ten</i>                        | 10-802 | Starwars in Nederland<br><i>Jan van den Ende</i>  | 4-334  |
| <b>Tandheelkunde</b>  |        | De ramp die geen ramp was<br><i>Simon Rozendaal</i>   | 5-410  |
| Beugels en Bumpers - De orthodontie op<br>een rijtje gezet<br><i>Myrberg, N.E.A.</i>                  | 7-534  | Een fysicus met een dilemma<br><i>Paul Wouters</i>  | 5-415  |
| <b>Techniek</b>   |        | Het ABC van de CFK's<br><i>Simon Rozendaal</i>  | 6-494  |
| Verankerde bodem - Erosie en<br>erosiebestrijding<br><i>Jansen, W. en Heerkens, J.C.P.</i>            | 8-594  | Oefenen met een kernramp<br><i>Jan van den Ende</i>   | 6-502  |
| Auto-ontwerpen - De kweekstal van<br>de heilige koe<br><i>Grint, N. van de en Haanstra, F.</i>        | 9-678  | Waarom Leuven zo goed is in chips<br><i>Joost van Kasteren</i>  | 7-566  |
| Smeltende sneeuw en satellieten<br><i>Klaassen, W.</i>  | 11-884 | Shoreham en Seabrook<br><i>Simon Rozendaal</i>  | 7-574  |
| <b>Verkeerstechniek</b>   |        | "Die nacht was ik er zeker van dat de wereld<br>een hoop ellende te wachten stond"<br><i>Leo Molenaar</i> | 8-640  |
| Winter op de weg<br><i>Welleman, A.G.</i>   | 12-942 | De computer wordt een tikje nerveus<br><i>Albert Meijer, Ellen Moors en Arthur van Zuylen</i>             | 8-649  |
| <b>Voeding</b>  |        | Je kunt geen ontdekkingen meer doen<br>in je schuurtje<br><i>Joost van Kasteren</i>                       | 9-728  |
| Ondervoed of overvoerd - Een delicate<br>balans<br><i>Hoffmans, M.D.A.F.</i>                          | 10-768 | Waarom er geen ontzuicheringsspil komt<br><i>Simon Rozendaal</i>  | 9-734  |
| Vetvervangers - Lekker light<br><i>Kieboom, A.P.G.</i>  | 12-954 | Zonder kunstmest<br><i>Peter de Jaeger</i>  | 10-814 |
| <b>Wiskunde</b>   |        | Een vreemde stam met bizarre gewoonten<br><i>Paul Wouters</i>   | 10-819 |
| Fractalen - Gebroken dimensies<br><i>Lauwerier, H.A. en Ushiki, S.</i>                                | 1-26   | Trek maar een blik vrouwen open<br><i>Joost van Kasteren</i>  | 11-904 |
| <b>Analyse en katalyse</b>  |        | Een beroepsgroep in de verdrukking<br><i>Simon Rozendaal</i>  | 11-909 |
| Een gigantisch project<br><i>Peter Mombaerts</i>  | 1-76   | Nee, werkelijk, heeft u nog geen CD-speler?<br><i>Simon Rozendaal</i>                                     | 12-976 |
| Wetenschap in de Sovjetunie<br><i>Simon Rozendaal</i>   | 2-154  | Mister milieu<br><i>Peter de Jaeger</i>   | 12-985 |
| Homo's en hun hersenen<br><i>Simon Rozendaal</i>  | 3-238  | <b>Actueel</b>  |        |
| Het milieu als vrouw<br><i>Peter de Jaeger</i>  | 3-242  | Naar Titan<br><i>Jacques Verduijn</i>   | 2-IV   |
| De dierproevencommissie<br><i>Jaap Willems</i>  | 3-246  | Genetische basis voor schizofrenie<br><i>Peter Mombaerts</i>  | 2-162  |
|   |        | Houten vangrail<br><i>Persbericht Frantech</i>  | 2-163  |
|   |        | Rupsenplaag gunstig voor bos<br><i>Nieuws uit Wageningen</i>  | 2-164  |
|   |        | De kleur van heet water<br><i>Nature</i>  | 3-X    |
|   |        | Amerikaanse supertelecoop<br><i>Persbericht Lockheed</i>  | 3-XI   |
|   |        | Genactivatie in muizen<br><i>Peter Mombaerts</i>  | 3-248  |
|   |        | Chip in vuur en vlam<br><i>Persbericht Siemens</i>  | 3-250  |



|  |        |                          |        |
|--|--------|--------------------------|--------|
| DNA-diagnose op één cel<br><i>Peter Mombaerts</i>                                      | 4-IV   |                          |        |
| Europees oog op aarde<br><i>Jacques Verduijn</i>                                       | 4-V    | <b>Simulatica</b>        |        |
| NTT ziet eerste licht<br><i>Persbericht ESO</i>  | 5-IV   | Simulatica               | 12-X   |
| De ozonlaag wacht op maatregelen<br><i>Pieter van Dooren</i>                           | 5-V    |                          |        |
| Galileosonde<br><i>Persbericht Hughes Aircraft Company</i>                             | 5-VI   | <b>Hoofdartikel</b>      |        |
| Laserstralen bevroren atomen<br><i>Jacques Verduijn</i>                                | 6-IV   | Begrijpen                | 1-1    |
| Langs welke weg?<br><i>Persbericht TU Delft</i>  | 6-V    | Probleemoplossing        | 2-85   |
| Lecithine verlaagt cholesterolspiegel niet<br><i>Persbericht Landbouwwuniversiteit</i> | 6-VI   | Maatschappelijke grenzen | 3-169  |
| Halley nog te zien<br><i>Persbericht ESO</i>   | 6-VI   | Hersenen                 | 4-253  |
| DNA in de tunneling microscoop<br><i>Persbericht IBM</i>                               | 6-VI   | Gewoon en alternatief    | 5-341  |
| Eenvoudig transgeen<br><i>Peter Mombaerts</i>  | 6-VII  | Taaie theorieën          | 6-421  |
| Disco-bij<br><i>Scientific American</i>  | 7-IV   | Overgangsgebieden        | 7-509  |
| Roken blijft slecht<br><i>New Scientist</i>  | 7-IV   | Technologie en markt     | 8-581  |
| Robotogen<br><i>Persbericht Britse Ambassade</i>                                       | 7-V    | Auto                     | 9-653  |
| Lekkere tomaten<br><i>New Scientist</i>  | 7-VI   | Milieus                  | 10-741 |
| Erfelijke allergie<br><i>New Scientist</i>   | 7-VI   | Informatie-overdracht    | 11-829 |
| Twijfel over DNA-vingerafdrukken<br><i>Mels Sluysen</i>                                | 7-VI   | Democratie               | 12-915 |
| De geboorte van een ster<br><i>Persbericht ESO</i>                                     | 7-VII  |                          |        |
| Waterig en toch zichtbaar<br><i>Nature en London Pictures Service</i>                  | 8-V    |                          |        |
| Spraakles per beeldscherm<br><i>Persbericht Siemens</i>                                | 8-VI   |                          |        |
| Twinkelende sterren tot rust gemaand<br><i>Persbericht ESO</i>                         | 10-824 |                          |        |

## Boekbespreking

|  |        |
|--|--------|
| <i>Wim Köhler</i>  |        |
| De wet van ...<br><i>Maanen, H. van</i>  | 2-165  |
| <i>Wim Köhler</i>  |        |
| Over de werking van de kurketrekker<br>en andere machines<br><i>Macaulay, D.</i> | 6-506  |
| <i>Driessen, M.N.B.M.</i>  |        |
| Nederlandse oecologische flora deel III<br><i>Weeda, E.J.</i>                    | 6-507  |
| <i>Rob van Nues</i>  |        |
| Zwarte lucht<br><i>Zeeuw, G. de</i>  | 10-826 |

## PRIJSVRAAG

### Oplossing oktober

De professor beklom een trap met verschillende treden. Elke keer als hij één diepte-eenheid overbrugde ging hij nul of één omhoog, maar nooit twee keer achter elkaar nul omhoog. Een trap met  $n$  diepte-eenheden kon hij als een reeks van  $n$  cijfers 0 en 1 beschrijven waarin geen twee nullen achter elkaar stonden. De opgave kwam zodoende neer op de vraag hoeveel van zulke rijen met  $n$  cijfers er mogelijk zijn. De professor noemde dit aantal  $a(n)$ . Een rij van  $n$  cijfers eindigt op een 1 of op een 0. Wanneer de rij met een 1 afsluit, kan het voorgaande cijfer zowel een 1 als een 0 zijn. Het aantal mogelijkheden dat het laatste cijfer een 1 is komt overeen met  $a(n-1)$ , het aantal dat opgaat voor een rij van  $n-1$  cijfers. Eindigt de rij op een 0 dan is het voorgaande cijfer een 1. Dit geeft  $a(n-2)$  mogelijkheden. De som van beide aantallen levert de professor het gezochte aantal mogelijkheden:  $a(n) = a(n-1) + a(n-2)$ . Voorts is  $a(1) = 2$ , dat wil zeggen één diepte-eenheid kan op twee manieren worden overbrugd, en  $a(2) = 3$ . Dus is  $a(n)$  gelijk aan de  $n$ -de term van de rij van Fibonacci die begint met 2, 3:

$n : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots$   
 $a(n) : 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, \dots$

Soms ontging het de puzzelaars dat bij deze opgave van de organisatie van de Nederlandse Wiskunde Olympiade het de rij van Fibonacci betrof, of verrekenden ze zich bij de bepaling van de getallen waarmee deze rij in dit geval begint. Verschillende inzenders kwamen echter tot het goede antwoord. Van hen wees het lot Lieven Marchand uit Zwalm aan als winnaar van een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek. J.Th.M. Bol uit Leiden kwam deze maand bij de laddercompetitie op kop en krijgt daarom Natuur en Techniek een jaar lang gratis thuisbezorgd.

### De nieuwe opgave

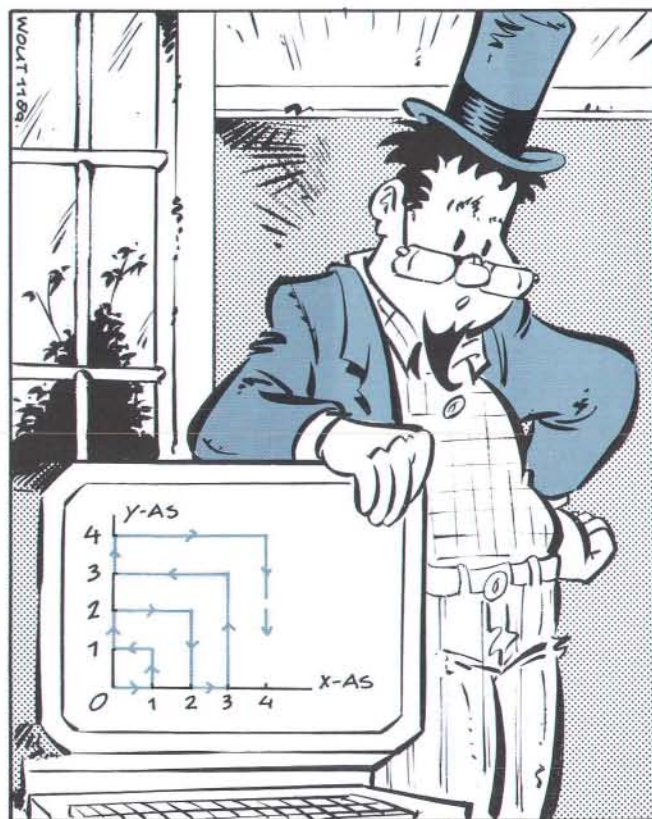
De professor neemt nu al enthousiast deel aan de nieuwe computerrubriek van Natuur en Techniek. Hij ontwerpt zijn programma's natuurlijk zelf. Op zijn computerscherm weet de professor een stip te krijgen die zich langs een bepaalde weg door het eerste kwadrant van een xy-assenstelsel beweegt. De stip begint in de oorsprong en verplaatst zich naar het punt (1,0), waarna hij de beweging voortzet zoals in de afbeelding is aangegeven.

Nu heeft de professor de stip een bepaalde snelheid meegegeven. De stip beweegt zich eenparig en legt één eenheid per seconde af. Wat zijn de coördinaten van het punt waar de stip na 1989 seconden zal zijn aangekomen?

Onder de puzzelaars die de

goede oplossing inzenden wordt een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek verloot. Ook verdienen zij met hun inzending zes punten voor de laddercompetitie. Degene die bovenaan de ladder komt, wint een gratis jaarabonnement op Natuur en Techniek. Behoudens de berichtgeving aan de maandelijkse winnaars, houdt de puzzelredactie zich aan haar stelregel dat zij niet over de oplossing van de prijsvraag correspondeert. Oplossingen voor de prijsvraag van deze maand ontvangt de puzzelredactie graag voor maandag 15 januari 1990.

Adres:  
 Natuur en Techniek  
 Prijsvraag  
 Postbus 415  
 6200 AK Maastricht





# VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

## Zoetwater- zoogdieren

Drs B. Nolet

In 1988 werd de bever opnieuw in Nederland geïntroduceerd, terwijl in datzelfde jaar de otter verdween. Deze gebeurtenissen zijn typerend voor de ingrijpende verandering die het zoetwatermilieu in de Lage Landen heeft ondergaan. Is er nog wel toekomst voor zoetwaterzoogdieren?



## Oertaal

Prof dr J. Kooij

Hoe klonk de oudste menselijke taal, waar ontstond die en hoe ontwikkelden zich daarna de talen en dialecten die we nu kennen? Deze vragen zijn moeilijk te beantwoorden. Recente studies wekken de hoop dat het mogelijk wordt de menselijke 'oertaal' te reconstrueren. Op die weg liggen echter enkele formidabele obstakels.

## HDTV

R. Melwig

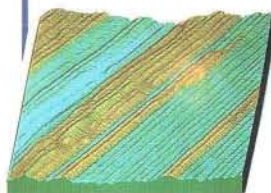
High-definition TV is een combinatie van film- en televisietechnologie. Het beeld is groot, scherp en contrastrijk: televisie met de kwaliteit van film. Televisietechnologie omvat meer dan het maken van opnamen. De beelden moeten ook worden uitgezonden en worden weergegeven.



## Metaalmodel

Prof dr A. Miedema

In de metaalkunde zijn vele verschijnselen verklaarbaar uit een verlaging van energie. Zo kunnen metalen alleen legeren als daarbij energie vrijkomt. Allerlei energie-effecten passen in een model, dat de atomen in een metaal ziet als blokken in een blokkendoos.



## Fosfaatvrij

Dr F. Smeets

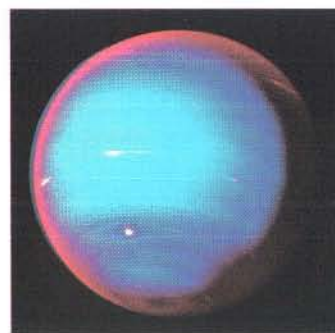
We gebruiken voornamelijk synthetische wasmiddelen om onszelf, onze kleren en de vaat te reinigen. In deze middelen werden fosfaten rijkelijk toegepast als waterontharder. De zoektocht naar de optimale fosfaatvervanger lijkt nu grotendeels voltooid, maar de wasmiddelfabrikanten hebben nog een zware etappe voor de boeg.



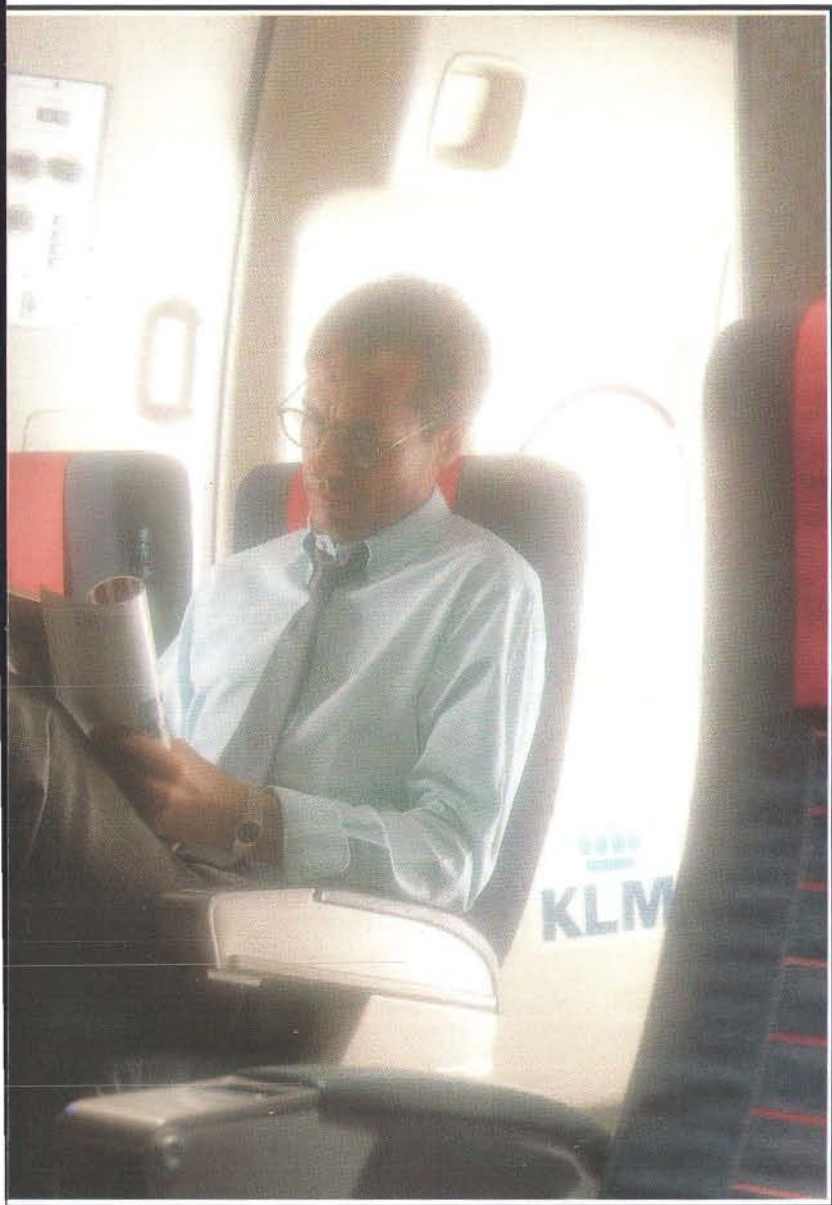
## Neptunus

Dr F. Israël

Een reusachtige azuurblauwe wereld, waar hoge wolken hun schaduw werpen op dieper gelegen atmosferische draaikolken. Een wereld omgeven door



dunne ringen van fijn stof, omcirkeld door acht manen, waaronder een van de interessantste van het zonnestelsel. Zo heeft de Voyager 2 ons Neptunus, de buitenste van alle planeten, doen kennen.



# Ik vlieg Ams-NY nooit alleen...

Hij leest z'n kranten. Hij kijkt – gedwongen selectief – televisie. Hij hoort wel eens radio. Hij kent z'n magazines. Maar als hij het écht wil weten, dan pakt hij z'n vakbladen. Die gaan door waar de algemene media moeten ophouden. Daar is hij met collega's onder elkaar. Daar toetst hij z'n eigen aanpak. Daar haalt hij uit redactie en reclame informatie waar hij mee uit de voeten kan. En daar komt hij nog eens op een productief ideetje. Tuurlijk. Ze lezen over het algemeen niet zo luchtig als iets vluchtigs. Waar tegenover staat, dat AMS-NY op die manier een stuk vlugger gaat.



'N BLAD IS EEN RELATIE.